

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA



TESIS DOCTORAL

**Estudio de la variabilidad anatómica en la división terminal
de la arteria poplítea**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Paloma Aragonés Maza

Directora

María Teresa Vázquez Osorio

Madrid

© Paloma Aragonés Maza, 2019

ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD ANATÓMICA EN LA DIVISIÓN TERMINAL DE LA ARTERIA POPLÍTEA



**UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE**
MADRID

TESIS DOCTORAL

Presentada por:

Paloma Aragonés Maza

Dirigida por:

Dra. María Teresa Vázquez Osorio

Programa de doctorado: Investigación en ciencias médico-quirúrgicas. Línea de investigación 3: Variables anatómicas e interés clínico.

Facultad de Medicina, Universidad Complutense de Madrid.

Madrid, Julio de 2019



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

**DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DE LA TESIS
PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR**

D./Dña. Paloma Aragonés Maza _____,
estudiante en el Programa de Doctorado Investigación en ciencias médico-quirúrgicas _____,
de la Facultad de Medicina _____ de la Universidad Complutense de
Madrid, como autor/a de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor y
titulada:

Estudio de la variabilidad anatómica en la división terminal de la arteria poplítea

y dirigida por: Maria Teresa Vázquez Osorio

DECLARO QUE:

La tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la Ley de Propiedad Intelectual (R.D. legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, modificado por la Ley 2/2019, de 1 de marzo, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita.

Del mismo modo, asumo frente a la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad del contenido de la tesis presentada de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente.

En Madrid, a 17 de junio de 2019

Paloma
Aragonés
Maza
Fdo.: _____

Firmado digitalmente
por Paloma
Aragonés Maza
Fecha: 2019.06.04
16:17:22 +02'00'

Esta DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD debe ser insertada en
la primera página de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor.

AGRADECIMIENTOS

Quiero empezar dando las gracias por haberme apoyado y animado tanto en este proyecto a mi madre, la mujer más generosa y valiente que he conocido. Sigo por mis hermanas, por tener siempre la mano tendida en cualquier circunstancia y la sonrisa al pie del cañón. Y a mis tíos de “El Puerto”, por su entrega siempre en los buenos y en los peores momentos. A todos vosotros por quererme como soy y ser la fortuna de mi vida.

No puedo olvidarme de los que me ayudaron en los inicios de mi profesión, y siguen cada día enseñándome. A mis maestros, Iñako Usoz y Paco Mesa, que fueron mis manos muchas veces en el quirófano y me enseñaron todo aquello de la medicina que no viene en los libros. A Tomás Epeldegui, por su labor formativa en el Hospital del Niño Jesús, por acogerme en el proyecto de COEM en Camerún, y enseñarme que, en el lugar más desfavorecido, se puede con trabajo e ilusión, dar a cada enfermo un tratamiento digno.

Quiero seguir agradeciendo al Hospital Universitario Santa Cristina, que me abrió sus puertas hace ya seis años, dónde he crecido profesionalmente y dónde ejercer la medicina sigue siendo una fortuna. Y a la Universidad Alfonso X El Sabio, dónde descubrí lo apasionante que es enseñar lo que uno ama.

Y por supuesto que este trabajo no habría sido nunca posible sin todo el personal del Centro de Donación de Cuerpos y la increíble labor que hacen. Gracias a Teresa por su enorme paciencia, por su sentido del humor, por sus jornadas inacabables, por su valía profesional y la humildad con que la viste. Gracias a José Ramón por su inagotable espíritu y ganas de trabajar, por su calidez y por saber involucrar a las personas en la sala de disección. Gracias a Valde por tantas consultas de ciencia, de la vida, y por tener siempre

un abrazo disponible. Gracias a todos ellos por conseguir sacar lo mejor de cada alumno.

Conmigo lo hicisteis.

Y por último, gracias infinitas al viento de Poniente y al de Levante de mi querida Cádiz, por ser mi válvula de escape, por dejarme volar una y mil veces, y regalarme algunos de los días más bellos que recuerde.

A mi querido padre;

Allí dónde estés, sigues siendo la luz que guía mis pasos.

INDICE

1.	RESUMEN	8
2.	ABSTRACT	12
3.	INTRODUCCIÓN	18
3.1.	DESARROLLO DE LA ARTERIA POPLÍTEA:	23
3.2.	VARIABILIDAD ANATÓMICA EN LA DIVISIÓN TERMINAL DE LA ARTERIA POPLÍTEA:	30
3.3.	EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS TRABAJOS SOBRE VARIABILIDAD ANATÓMICA DE LA DIVISIÓN TERMINAL DE LA ARTERIA POPLÍTEA:	35
3.4.	JUSTIFICACIÓN EMBRIOLÓGICA DE LA VARIABILIDAD:	41
3.5.	RAZA, LATERALIDAD Y GÉNERO:	44
3.6.	INTERÉS CLÍNICO:	45
4.	OBJETIVOS.....	53
5.	MATERIAL Y METODOS	55
5.1.	PARÁMETROS ANALIZADOS:	60
5.2.	ESTUDIO ESTADÍSTICO:	63
6.	RESULTADOS	66
6.1.	PATRÓN DE DIVISIÓN TERMINAL DE LA ARTERIA POPLÍTEA:	66
6.2.	SIMETRÍA DE LOS PATRONES DE LA DIVISIÓN TERMINAL DE LA ARTERIA POPLÍTEA:	74
6.3.	REFERENCIA CON RESPECTO AL MÚSCULO POPLÍTEO:	75
6.4.	DISTANCIA DE ORIGEN DE LA ARTERIA TIBIAL ANTERIOR CON REFERENCIA AL MÚSCULO POPLÍTEO:	76
6.5.	DIÁMETROS DE LAS ARTERIAS:	76
6.6.	LONGITUD DE LA ARTERIA TIBIAL POSTERIOR PROXIMAL:	84
6.7.	ANÁLISIS MULTIVARIANTE:	85
7.	DISCUSIÓN	103
7.1.	PATRONES DE BIFURCACIÓN TERMINAL:	103
7.2.	RELACIÓN CON EL MÚSCULO POPLÍTEO:	118
7.3.	DIÁMETROS DE LA ARTERIA POPLÍTEA Y RAMAS TERMINALES. LONGITUD DE LA ARTERIA TIBIAL POSTERIOR PROXIMAL.	122
7.4.	IMPORTANCIA CLÍNICA:	128
8.	CONCLUSIONES	132
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	133
10.	ANEXOS.....	140

1. RESUMEN

1. TÍTULO:

ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD ANATÓMICA EN LA DIVISIÓN TERMINAL DE LA ARTERIA POPLÍTEA

2. INTRODUCCIÓN

La arteria poplítea es la continuación de la arteria femoral. Comienza a nivel del hiato de Hunter y finaliza a nivel del borde inferior del músculo poplíteo, bifurcándose en sus dos ramas terminales; las arterias tibial anterior y posterior. La arteria peronea nace a partir de la arteria tibial posterior, distal a la bifurcación poplítea.

La arteria poplítea en su división terminal presenta gran variabilidad anatómica; entre el 2% y el 21% según las fuentes. Las variables anatómicas a este nivel han sido clasificadas en múltiples ocasiones, siendo actualmente empleada la clasificación descrita por Kim.

3. OBJETIVOS

1. Describir, mediante un estudio en cadáver, los patrones de bifurcación de la arteria poplítea. Encontrar si existe o no influencia del género y lado.
2. Describir los diámetros de las arterias poplítea y sus ramas terminales, así como la longitud de la arteria tibial posterior proximal. Analizar si existen diferencias por género y lado.
3. Estudiar la posible asociación entre la aparición de determinadas variables anatómicas y lesiones iatrogénicas vasculares durante procedimientos quirúrgicos.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

Se han disecado 260 regiones poplíteas correspondientes a 130 cadáveres humanos; 66 cadáveres mujeres y 64 varones.

Una vez disecada la región y expuestas las arterias poplítea, tibial anterior, tibial posterior proximal, tibial posterior distal y peronea; se midieron los diámetros cada una de estas arterias, la longitud de las arterias tibiales posteriores proximales, y se describieron los patrones de bifurcación de la arteria poplítea.

Según los hallazgos encontrados, elaboramos un esquema con 3 patrones:

- Patrón 1: La arteria poplítea se bifurca a nivel del borde inferior del músculo poplíteo o distalmente. (Patrón habitual).
- Patrón 2: La arteria poplítea se bifurca proximal al borde inferior del músculo poplíteo.
- Patrón 3: La arteria poplítea se divide al mismo nivel en arterias tibial anterior, tibial posterior y peronea.

Se ha realizado un análisis multivariante analizando:

1. La aparición de los diferentes patrones de bifurcación terminal y la existencia de diferencias significativas según su aparición por sexo y lado.
2. La existencia de diferencias significativas entre el diámetro de las arterias poplítea, tibial anterior, tibial posterior distal y peronea, según el sexo y el lado.
3. La existencia de diferencias significativas entre el diámetro y longitud de la arteria tibial posterior proximal según el sexo y el lado.

5. RESULTADOS

De las 260 extremidades disecadas, 130 fueron derechas y 130 izquierdas. 17 de ellas no fueron incluidas en el estudio.

Encontramos la siguiente distribución:

- Patrón 1: 230 extremidades (94,7%)
- Patrón 2: 8 extremidades (3,3%)
- Patrón 3: 5 extremidades (2%)

No se encontraron diferencias significativas entre hombres y mujeres respecto al patrón de división terminal de la arteria poplítea, así como tampoco entre lado derecho e izquierdo.

Los valores de los diámetros para las arterias poplítea, tibial posterior proximal, tibial posterior distal, tibial anterior y peronea, así como la longitud de la arteria tibial posterior proximal, fueron todos significativamente mayores en hombres.

No se encontraron diferencias significativas para estos diámetros entre lado derecho e izquierdo, excepto para la arteria tibial posterior distal, donde los valores fueron mayores para el lado derecho de forma significativa.

4. DISCUSIÓN

El patrón de bifurcación más frecuentemente encontrado fue el patrón 1, (79-98%). Nosotros lo encontramos en el 94,7%. Le sigue en frecuencia, en la mayor parte de los trabajos revisados, el patrón 2 o bifurcación alta (2-7,9%). En nuestro trabajo esta cifra fue de 3,3%.

El patrón 3 apareció en casi todos los trabajos revisados (0,4%-7%). Nosotros encontramos este patrón en un 2% de la muestra.

Analizando la distribución de los distintos patrones de división terminal en la literatura, no hemos encontrado diferencias significativas entre sexos ni por lado derecho o izquierdo. Estos mismos hallazgos hemos obtenido nosotros.

Los diámetros de la arteria poplítea fueron significativamente mayores en hombres, sin encontrarse diferencias significativas entre arterias derechas e izquierdas ni en la literatura ni en nuestro trabajo.

Para la arteria tibial anterior, los diámetros fueron significativamente mayores en varones, tanto en nuestro trabajo como en estudios previos. No hemos encontrado estas diferencias al comparar por lado, ni referencias bibliográficas al respecto.

Al analizar los diámetros de las arterias peronea y tibial posterior proximal, encontramos que éstos son significativamente mayores para hombres, no existiendo diferencias por lado. No hemos encontrado referencias en la literatura.

En la arteria tibial posterior distal, los diámetros fueron significativamente mayores en varones y en extremidades derechas. Este dato también ha sido descrito por otros autores.

La longitud de la arteria tibial posterior proximal resultó ser significativamente mayor en varones, sin encontrarse diferencias por lado. Los hallazgos en otros trabajos previos fueron dispares.

El riesgo de lesiones iatrogénicas a la arteria poplítea o alguna de sus ramas terminales durante intervenciones quirúrgicas aumenta si existen variables anatómicas que alteren el recorrido de éstas. Por ello consideramos que los especialistas de esta región anatómica

deben familiarizarse con estas variables y ser así capaces de identificarlas durante procedimientos diagnósticos y terapéuticos.

5. CONCLUSIONES

1. Hemos elaborado una clasificación sencilla en 3 patrones que puede ser de aplicación clínica.
2. El patrón más frecuente de división terminal de la arteria poplítea es el clásico o patrón 1. Le sigue en frecuencia nuestro patrón 2.
3. No hemos encontrado diferencias significativas, ni entre sexos ni entre lado derecho o izquierdo, al analizar los patrones de bifurcación terminal de la arteria poplítea.
4. Los diámetros de las arterias poplítea y sus ramas terminales, así como la longitud de la arteria tibial posterior proximal, fueron significativamente mayores en varones que en mujeres
5. No hemos encontrado diferencias significativas, por lado, en los diámetros de las arterias poplítea, tibial anterior, peronea y tibial posterior proximal, y en la longitud de la arteria tibial posterior proximal. Los diámetros de la arteria tibial posterior distal fueron significativamente mayores en el lado derecho.
6. El riesgo lesiones iatrogénicas de la arteria poplítea o alguna de sus ramas terminales puede aumentar si existen variables anatómicas.

2. ABSTRACT

1. TITLE:

STUDY OF ANATOMICAL VARIABILITY IN THE TERMINAL DIVISION OF THE POPLITEAL ARTERY

2. INTRODUCTION

Femoral artery continues as popliteal artery at the level of the adductor's hiatus [Hunter's hiatus]. Popliteal artery ends at the distal border of popliteal muscle, where this artery bifurcates in two terminal branches; anterior tibial artery and posterior tibial artery. The fibular artery arises from posterior tibial artery distal to the popliteal bifurcation.

The popliteal artery in its terminal division presents great anatomical variability; between 2% and 21% according to several sources.

Variability in branching of the popliteal artery has been classified several times. Currently, the classification described by Kim (1989) is the most commonly used.

3. OBJECTIVES

1. To describe the bifurcation patterns of the popliteal artery by performing a cadaver dissection study. Find whether or not there is influence of gender and side.
2. To describe the diameters of the popliteal arteries and their terminal branches, as well as the length of the proximal posterior tibial artery, analysing if there are differences by gender and side.

3. To discuss the association between the appearance of certain anatomical variables and iatrogenic vascular injuries during surgical procedures.

4. MATERIAL AND METHODS:

The sample consist of 260 popliteal regions, corresponding to 130 human corpses, have been dissected; by gender, 66 were women and 64 men.

Once the region has been dissected and the arteries exposed, the bifurcation patterns of the popliteal artery were described. Then, the diameters of the popliteal artery, anterior tibial artery, proximal posterior tibial artery, distal posterior tibial artery, fibular artery, and the length of the proximal posterior tibial artery were measured.

The different branching patterns of the popliteal artery were rearranged in a new, easier, and useful classification:

- Pattern 1: Anterior tibial artery and posterior tibial artery arise from popliteal artery at the level of the distal border of the popliteus muscle (standard pattern).
- Pattern 2: Popliteal artery bifurcates in anterior tibial artery and posterior tibial artery, proximal to the distal border of the popliteus muscle.
- Pattern 3: The popliteal artery divides at the same level in the anterior tibial, posterior tibial, and fibular arteries

A multivariate analysis was performed analyzing:

1. The appearance of the different terminal bifurcation patterns and the existence of significant differences according to their appearance by gender and side.

2. The existence of significant differences between the diameter of the popliteal, anterior tibial, distal posterior tibial, and fibular arteries, according to gender and side.
3. The existence of significant differences between the diameter and length of the proximal posterior tibial artery according to gender and side.

5. RESULTS

Of the 260 dissected limbs, 130 were right and 130 left. Of them, 17 were not included in the study.

We found the following distribution:

- Pattern 1: 230 limbs (94,7%)
- Pattern 2: 8 limbs (3,3%)
- Pattern 3: 5 limbs (2%)

No statistically significant differences between male and female in reference to the pattern of bifurcation of popliteal artery were found. At the same time, there were also not found statistically significant differences between left and right limbs in reference to the pattern of bifurcation of the popliteal artery.

Diameter measures for the popliteal, proximal posterior tibial, distal posterior tibial, anterior tibial, and fibular arteries, as well as the proximal posterior tibial artery length, were all significantly greater in men.

No statistically significant differences were found for these diameters between right and left side, except for the distal posterior tibial artery, where the measures were significantly greater for the right side.

6. DISCUSSION:

The bifurcation pattern most frequently found was pattern 1, (79-98%). We found it at 94.7%. It follows in frequency, in most of the works reviewed, the pattern 2 or high bifurcation (2-7.9%). In our work, this figure was 3.3%.

Pattern 3 appeared in almost all the works reviewed (0.4% -7%). We found this pattern in 2% of the sample.

Analysing the distribution of the different patterns of terminal division in the literature, we found no significant differences between genders or right or left sides. We obtained, globally, the same findings in our sample as in the literature.

The diameters of the popliteal artery were significantly greater in men, without finding significant differences between right and left arteries neither in the literature nor in our work.

For the anterior tibial artery, the diameters were significantly greater in men, both in our work and in previous studies. We have not found these differences when comparing by side.

When analysing the diameters of the fibular and proximal posterior tibial arteries, we found that these are significantly greater for men, with no differences by side. We have not found references in the literature.

For the distal posterior tibial artery, the diameters were significantly greater in males and in the right limbs. This data has also been described by other authors.

The length of the proximal posterior tibial artery was found to be significantly greater in males, with no differences found by side. The findings in other previous works were disparate.

The risk of iatrogenic injuries to the popliteal artery or any of its terminal branches during surgical interventions increases if there are anatomical variants that modify the usual course of these vessels.

Therefore, we believe that specialists in this anatomical region should be familiar with these variants and be able to identify them during diagnostic and therapeutic procedures.

7. CONCLUSIONS:

1. We have developed a simple classification in 3 patterns that can be of clinical application.
2. The most frequent pattern of terminal division of the popliteal artery is the standard or pattern 1. It is followed in frequency by our pattern 2.
3. We did not find significant differences, neither between genders nor between right or left side, when analyzing the terminal bifurcation patterns of the popliteal artery.

4. The diameters of the popliteal artery and its terminal branches, as well as the length of the proximal posterior tibial artery, were significantly greater in men than in women
5. We found no statistically significant differences by side in the diameters of the popliteal, anterior tibial, fibular and proximal posterior tibial arteries, and in the length of the proximal posterior tibial artery. The diameters of the distal posterior tibial artery were significantly greater on the right side.
6. The risk of iatrogenic injuries to the popliteal artery or any of its terminal branches may increase if there are anatomical variants.

3. INTRODUCCIÓN

La arteria poplítea es la continuación de la arteria femoral y está localizada en la región posterior de la rodilla, en una zona llamada hueco poplíteo. Este hueco poplíteo es una depresión romboidal delimitada superiormente por los músculos bíceps femoral, semitendinoso y semimembranoso, e inferiormente por los músculos gastrocnemios y el plantar.

La arteria femoral discurre por el conducto aductor, y una vez alcanza el hiato del aductor mayor o de Hunter, a unos 8cm de la línea articular de la rodilla, lo atraviesa y pasa a convertirse en arteria poplítea. Esta arteria poplítea tiene un trayecto oblicuo descendente y hacia afuera en el primer tercio, y luego vertical en los dos tercios restantes, recorriendo así la fosa poplítea junto a la vena poplítea, la cual se sitúa lateral y superficial a la arteria. La arteria termina a la altura del borde inferior del músculo poplíteo, bifurcándose en sus ramas terminales, y tiene una longitud media de unos 17-18cm. (Drake 2015)

Clásicamente, se considera que el trayecto de la arteria está dividido en tres segmentos (Rouvière 2005):

- Segmento superior: El tercio superior de la arteria es muy profundo, discurre por la cara posterior del fémur, anterior al semimembranoso y al semitendinoso. Este segmento tiene un trayecto descendente y hacia fuera, y es acompañado por la vena poplítea que se encuentra dorsal y lateral a la arteria. Todavía más lateral y superficial se encuentra el nervio tibial.
- Segmento medio: la arteria alcanza el hueco poplíteo y comienza su trayecto descendente vertical puro. Arteria y vena poplíteas, junto con el nervio tibial,

forman el eje vasculonervioso poplíteo. La arteria es la estructura más medial y profunda de los tres, justo lateral y superficial a ella se encuentra la vena. Ambas, arteria y vena poplíteas, están rodeadas por una vaina común. Más posterior y lateral se encuentra el nervio tibial.

- Segmento inferior: aquí la arteria se encuentra cubierta por el gastrocnemio medial. Está apoyada sobre la articulación de la rodilla proximalmente, y más distalmente sobre el músculo poplíteo. La vena, que antes estaba lateral a la arteria, aquí cruza la cara posterior de ésta, y se sitúa medial.

➤ RAMAS COLATERALES:

La arteria poplíteo proporciona numerosas colaterales para formar la red rotuliana y para vascularizar músculos regionales y la articulación de la rodilla:

1. Arterias superiores de la rodilla o geniculadas superiores. Son dos, medial y lateral. Nacen de la cara anterior de la arteria poplíteo, algo proximales al borde superior de los cóndilos.
2. Arteria media de la rodilla o geniculada media. Nace de la cara anterior de la arteria poplíteo, justo proximal a la interlínea articular de la rodilla, y alcanza el espacio intercondíleo del fémur.
3. Arterias inferiores de la rodilla o geniculadas inferiores. Son dos, medial y lateral, y nacen de la cara anterior de la arteria poplíteo, a la altura de la interlínea articular. Se dirigen inferiormente y contornean, la meseta tibial interna la medial, y el menisco externo la lateral.

4. Arterias surales. Nacen de la cara posterior de la arteria poplítea a la altura de la interlínea articular, son la arteria sural lateral y sural medial. Se dirigen a las cabezas del músculo gastrocnemio. (Rouvière 2005).

➤ RAMAS TERMINALES:

La arteria poplítea se bifurca a nivel del borde inferior del músculo poplíteo en sus dos ramas terminales, las arterias tibial anterior y tibial posterior. La arteria peronea nace de la tibial posterior a unos 2,5cm del origen de ésta. (Colborn 1994, Rouvière 2005) (**Figura 1**)

1. Arteria tibial anterior:

Esta arteria nace de la arteria poplítea típicamente a nivel del borde inferior del músculo poplíteo, siendo su rama de bifurcación anterior. Se dirige anteriormente y alcanza el compartimento extensor de la pierna a través de un orificio comprendido entre tibia, peroné y borde superior de la membrana interósea. Una vez aquí, la dirección es inferior, anterior y medial, descendiendo sobre la membrana interósea, entre los músculos tibial anterior, medialmente, y extensores largos de los dedos, lateralmente. En la región distal de la pierna discurre sobre la cara lateral de la tibia, hasta alcanzar la cara posterior del ligamento frondiforme, dónde se continúa como arteria dorsal del pie. Se halla acompañada en su recorrido por el nervio peroneo profundo (Rouvière 2005).

2. Arteria tibial posterior:

La arteria tibial posterior en su parte proximal tiene una dirección descendente y se encuentra cubierta por el músculo sóleo. Se relaciona posteriormente con vena tibial posterior y nervio tibial. A unos 2,5cm desde su origen, nace desde esta arteria tibial posterior, la arteria peronea, aunque esta longitud puede ser variable.

Antes de dar la arteria peronea, la arteria tibial posterior da dos ramas colaterales: arteria nutricia de la tibia y arteria recurrente tibial medial.

Una vez que ha dado la arteria peronea, la arteria tibial posterior se continúa con dirección inferior y ligeramente medial, discurriendo sobre músculo tibial posterior inicialmente, y más distalmente sobre músculo flexor largo de los dedos. Va acompañada lateralmente por el nervio tibial, junto con el que entra en el túnel tarsiano, entre los tendones del flexor largo de los dedos anteriormente, y del flexor largo del dedo gordo posteriormente. Finaliza a nivel del canal calcáneo, bifurcándose en las arterias plantares medial y lateral (Rouvière 2005, Drake 2015)

3. Arteria peronea:

La arteria peronea es rama de la arteria tibial posterior. Su dirección desde su origen es descendente y ligeramente oblícua lateralmente, discurriendo sobre el plano muscular posterior profundo de la pierna. Primero discurre sobre el músculo tibial posterior, después queda entre músculos tibial posterior y flexor largo del dedo gordo, y más distalmente recorre la cara posterior de la membrana interósea, hasta alcanzar la región inferior de ésta, dónde se bifurca en sus dos ramas terminales, la arteria perforante o peronea anterior y la arteria peronea posterior (Rouvière 2005, Drake 2015).

Existe otra descripción de la división terminal de la arteria poplítea, de tal manera que a la porción de la arteria tibial posterior comprendida entre el nacimiento de la arteria tibial anterior y la arteria peronea, se le denomina tronco tibioperoneo (Day 2006). Este término de tronco tibioperoneo no ha sido incluido en la Nomenclatura Anatómica, pero a pesar de ello es ampliamente usado entre clínicos y radiólogos (Ozgur 2009).

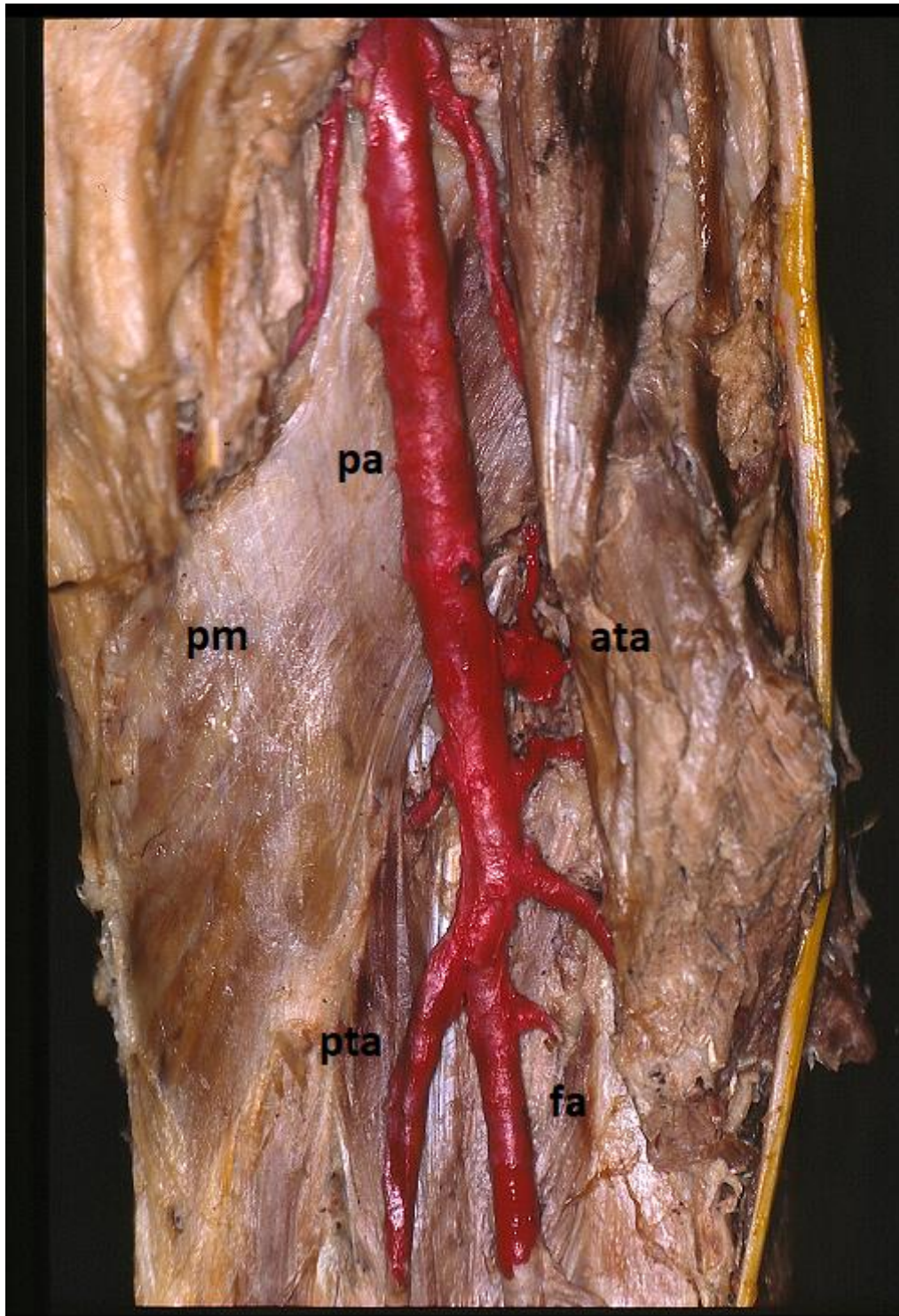


Figura 1 Ramas terminales de la arteria poplítea. La arteria poplítea (ap: popliteal artery), se divide a nivel del borde inferior del músculo poplíteo (pm: popliteal muscle) en sus dos ramas terminales, la arteria tibial anterior (ata: anterior tibial artery, y y pta: posterior tibial artery). La arteria peronea (fa: fibular artery), nace de la pta distal a la bifurcación terminal de la pa.

3.1. DESARROLLO DE LA ARTERIA POPLÍTEA:

Los esbozos de las extremidades inferiores comienzan a aparecer al final de la cuarta semana, en el estadio 9 según el estadiaje del período embrionario de O'Rahilly (1973) y de O'Rahilly y Müller (2006, 2010). Las arterias que se van a dirigir a las futuras extremidades inferiores serán ramas de la arteria umbilical (Patten 1976).

En el miembro inferior embrionario se desarrollan 2 sistemas de aporte arterial. Esto es gracias a que a partir de cada arteria umbilical se originan dos vasos (Senior 1919, 1925):

a) Art. Axial o ciática:

La arteria axial es visible en el estadio 13, correspondiente a los días 30-33 de gestación (O'Rahilly 1973, O'Rahilly and Müller 2006 y 2010). Aquí el embrión tiene una longitud media máxima de 4,9mm. Esta arteria axial discurre longitudinal sobre la extremidad en desarrollo, posterior al mesénquima esquelético. En el muslo recorre la región posterior acompañando al nervio ciático, a nivel de la rodilla se sitúa entre la tibia y el músculo poplíteo y distalmente se sitúa entre la membrana interósea y el músculo tibial posterior.

Origina, en la parte más distal, unos plexos plantar y dorsal, que quedarán en el pie.

b) Art Ilíaca externa:

La arteria iliaca externa nace de la arteria umbilical algo más proximal que la arteria axial, es visible en el embrión en el estadio 16, en los días 37-40 de gestación (O'Rahilly 1973, O'Rahilly and Müller 2006 y 2010). Nos encontramos aquí con un embrión de longitud media máxima de 9,6mm. De ella va a nacer la arteria femoral, que recorrerá la cara ventral del muslo del embrión.

- Estadio 17, 39-42 días:

En este momento el embrión mide 12,2mm de longitud media máxima (O'Rahilly 1973, O'Rahilly and Müller 2006 y 2010). La arteria femoral llega aproximadamente en esta etapa al tercio medio del fémur y se bifurca en una rama medial y otra lateral. La rama lateral es corta y acabará uniéndose a la arteria axial a la altura del hiato aductor. Esta rama lateral será la arteria comunicante superior.

En la arteria axial tras esta unión, se diferencian ahora 3 partes (Senior 1919, 1925):

1. Arteria Isquiática: proximal a la arteria comunicante superior
2. Arteria Poplítea profunda: parte intermedia. Es la porción que queda profunda o anterior al músculo poplíteo.
3. Arteria Interósea: porción distal al borde inferior del músculo poplíteo.

- Estadio 18, 42-45 días:

El embrión en esta etapa tiene una longitud media máxima de 14,9mm (O'Rahilly 1973, O'Rahilly and Müller 2006 y 2010). La arteria poplítea profunda o porción intermedia de la arteria axial, discurre por la cara anterior del músculo poplíteo, y va a dar tres ramas importantes (Senior 1919, 1925):

1. A nivel del borde proximal del músculo poplíteo: da dos arterias, la arteria tibial posterior superficial y arteria peronea posterior superficial. Ambas recorren la cara posterior del músculo poplíteo y tienen un trayecto descendente hasta alcanzar el pie. Estas arterias en su parte proximal formarán la futura arteria poplítea.

2. A nivel borde distal del músculo poplíteo: da la arteria perforante crural. Esta arteria se va a introducir en el compartimento extensor de la pierna cruzando por encima del borde proximal de la membrana interósea. Esta arteria formará la futura arteria tibial anterior.

- Estadío 19, 45-47 días:

En esta etapa la longitud media máxima del embrión es de 18,2mm (O'Rahilly 1973, O'Rahilly and Müller 2006 y 2010). Nos encontramos aquí que son cuatro las arterias que cruzan la región crural (Senior 1919, 1925):

1. Arteria interósea (Parte distal de la arteria axial)
2. Arteria tibial posterior superficial (Rama de la arteria poplíteica profunda)
3. Arteria peronea posterior superficial (Rama de la arteria poplíteica profunda)
4. Arteria tibial anterior (se origina desde la arteria perforante crural y llega hasta el dorso del pie)

- Estadío 21, 49-52 días:

El embrión en este momento mide 22,9mm de longitud media máxima (O'Rahilly 1973, O'Rahilly and Müller 2006 y 2010). En este estadio empiezan a involucionar varias arterias (Senior 1919, 1925):

- a) La arteria isquiática. Involuciona por completo en el muslo, quedando únicamente la parte proximal, que permanecerá como arteria glútea inferior en el adulto

b) Arteria interósea: involuciona al completo excepto una pequeña porción que formará parte de la arteria peronea.

c) Arteria peronea posterior superficial: involuciona la parte intermedia de esta arteria

Aparece en este período una nueva arteria:

Ramo comunicante medio. Une la arteria peronea posterior superficial a nivel del borde inferior del músculo poplíteo con el ramo perforante crural. Va a quedar como la parte proximal de la futura arteria tibial anterior.

- Estadío 22, 52-55 días:

En este período la longitud media máxima del embrión es de 25,5 mm (O’Rahilly 1973, O’Rahilly and Müller 2006 y 2010). Las arterias tibial posterior superficial y peronea posterior superficial se fusionan en su segmento proximal, sobre la cara posterior del músculo poplíteo, formando la arteria poplíteica superficial.

Tendremos por lo tanto dos arterias poplíteicas, una profunda y anterior al músculo poplíteo, que es la parte intermedia de la arteria axial, y otra superficial y dorsal al músculo, que es fruto de la fusión de las porciones proximales de las arterias tibial posterior superficial y peronea superficial (Senior 1919, 1925).

La formación de la arteria poplíteica definitiva, con el aspecto que tendrá en el adulto es en esta etapa, ocurre a partir a partir de (Moore 2016) (Figura 2):

a) Porción proximal: será parte de la arteria poplíteica profunda. Desde el hiato aductor hasta el origen de la arteria geniculada inferior medial, a la altura del borde

proximal del músculo poplíteo. El resto de esta arteria primitiva, que quedaba anterior al músculo poplíteo, involucionará.

- b) Porción distal: será la arteria poplíteo superficial. Distal al borde superior del músculo poplíteo, la arteria poplíteo discurrirá por la cara posterior de éste músculo.

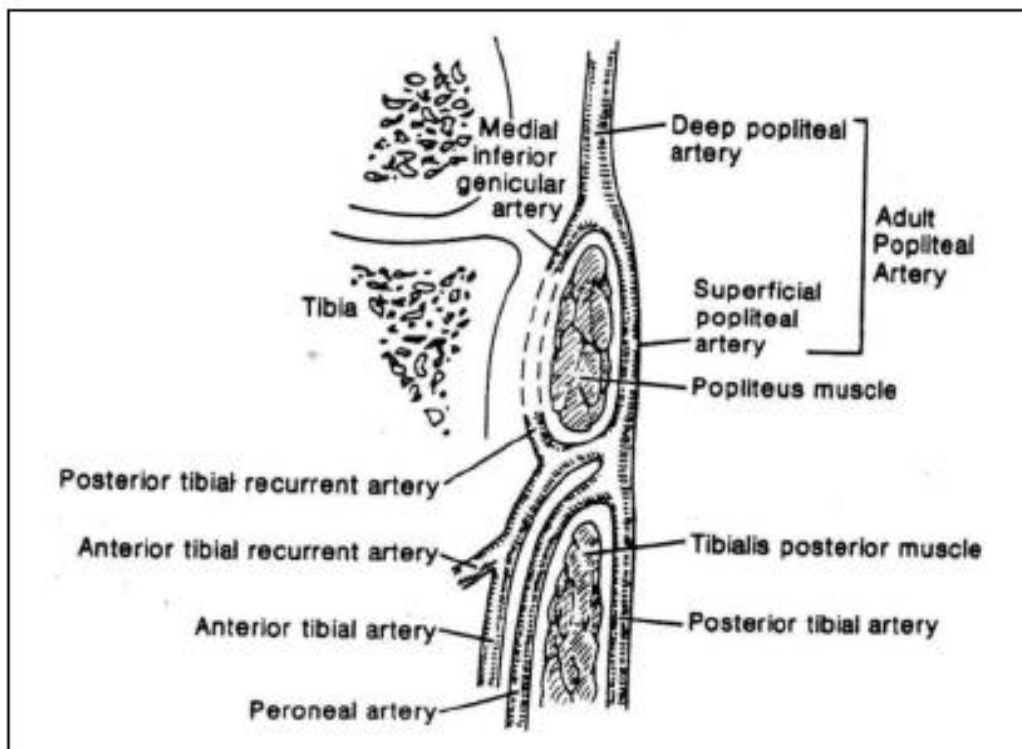


Figura 2 Desarrollo embriológico de la arteria poplíteo. La arteria poplíteo profunda involuciona a nivel de la cara anterior del músculo poplíteo. La futura arteria poplíteo en el adulto será la unión de la arteria poplíteo profunda proximalmente y de la arteria poplíteo superficial distalmente. (Tomada de Cronenwett JL., 2000)

A estas alturas ya tendremos formada la futura arteria poplíteo, y de ella van a las 3 ramas terminales que han ido formando a lo largo del desarrollo embrionario (Senior 1919, 1925):

- a) Arteria tibial anterior: Se forma a partir del ramo perforante crural (arteria que nacía desde la arteria poplíteo profunda a nivel del borde inferior del músculo poplíteo y se dirigía ventralmente), y del ramo comunicante medio, que une este

ramo perforante con la arteria peronea superficial a nivel del borde inferior del músculo poplíteo.

Cuando la arteria peronea superficial se fusiona en este tramo con la tibial posterior superficial para formar la arteria poplíteica, la arteria tibial anterior pasa a originarse entonces de la arteria poplíteica.

- b) Arteria peronea superficial: ha ido involucionando en algunos segmentos y fusionándose en otros con la arteria interósea hasta formar la futura arteria peronea del adulto.
- c) Arteria Tibial posterior superficial: la arteria tibial posterior superficial se convierte en la arteria tibial posterior del adulto. La mayor parte de la arteria tibial posterior del adulto deriva de la arteria tibial posterior superficial embrionaria.

La arteria poplíteica finalizará por tanto a nivel del borde inferior del músculo poplíteo, punto dónde se origina la arteria tibial anterior. A este nivel se origina también un tronco arterial resultante de la unión más distal entre arterias peronea superficial y tibial posterior superficial. Este tronco será la futura arteria tibial posterior proximal, que en algunos textos se denomina tronco tibioperoneo. (Senior 1919, 1925) (Figura 3)

En resumen, podríamos decir para entender lo que ocurre en el adulto, que:

1. Arterias peronea y poplíteica derivan principalmente de la arteria axial
2. Arterias tibiales posterior y anterior derivan principalmente de la arteria femoral

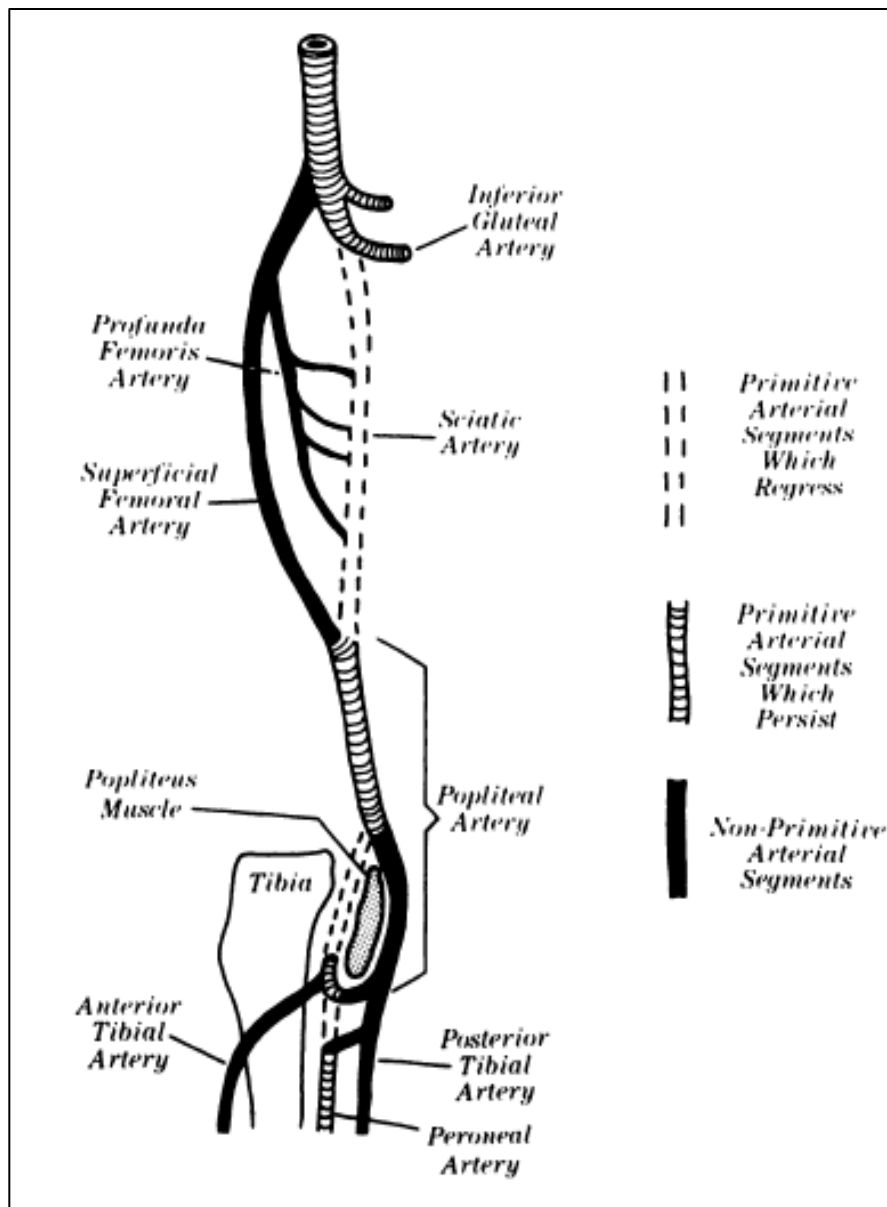


Figura 3 Conformación definitiva de las arterias de la extremidad inferior. La arteria axial regresa proximalmente y queda como arteria glútea inferior. La parte de la arteria axial anterior al músculo poplíteo también involuciona. (Tomado de Mauro MA., AJR 1988)

3.2. VARIABILIDAD ANATÓMICA EN LA DIVISIÓN TERMINAL DE LA ARTERIA POPLÍTEA:

La arteria poplítea en su división terminal presenta gran variabilidad anatómica, la incidencia de ésta según lo que hoy conocemos oscila entre el 2% (Schwabe 1891) y el 21% (Manfrini 1986), según las fuentes que se consulten. Varios autores han puesto de

manifiesto variables anatómicas a este nivel, bien sea a través de la disección en cadáver (Quain 1844, Schwalbe 1891, Poirier 1912, Dubrueil-Chambardel 1925, Adachi 1928, Trotter 1940, Colborn 1944, Keen 1961, Piral 1996, Cross 2000, Ozgur 2009) o mediante angiografía (Morris 1959, Bradsley 1970, Manfrini 1986, Mauro 1988, Davies 1989, Kim 1989, Voboril 1990, Day 2006, Szpinda 2006, Kil 2009). Recientemente también han aparecido estudios empleando técnicas de imagen como angioTAC (Demitras 2016) y Doppler (Tindall 2006).

Anatomistas e intervencionistas han identificado múltiples variables anatómicas que difieren del patrón habitual, así según los autores, se describen distintos tipos posibles de división terminal de la arteria poplítea:

- Bradsley 1970: 5 tipos
- Morris 1959: 6 tipos
- Day 2006, Lippert 1985: 8 tipos
- Trotter 1940, Kim 1989: 10 tipos

Esta variabilidad anatómica ha sido clasificada en múltiples ocasiones a lo largo del siglo XX. La primera clasificación universal fue la realizada por Lippert, quién elaboró un tratado en el que va a figurar la primera clasificación moderna de las variables anatómicas (Lippert 1985). Posteriormente en lo referente a la arteria poplítea, su clasificación fue ampliada por Kim, siendo ésta última la que a día de hoy se continúa empleando (Kim 1989).

Lippert (1985) divide las variables de la división terminal de la arteria poplítea en dos grupos en función del nivel de división de esta arteria, y luego a su vez cada grupo en 4 subgrupos más:

1. División a nivel del borde inferior del músculo poplíteo

- a) Patrón habitual (90%). Definió como patrón habitual aquel en el que la arteria poplíteo se bifurcaba a nivel del borde inferior del músculo poplíteo en arteria tibial anterior y arteria tibial posterior. La arteria peronea se originaría en este patrón a partir de la arteria tibial posterior, distalmente a la bifurcación poplíteo.
- b) Trifurcación (4%). En este patrón las tres ramas terminales nacen de la arteria poplíteo al mismo nivel.
- c) Origen de la arteria peronea a partir de la arteria tibial anterior (1%). A la porción de la arteria tibial anterior comprendida entre la bifurcación poplíteo y el nacimiento de la arteria peronea, lo denominó tronco tibioperoneo anterior.
- d) Arteria en isla (<1%)

2. División proximal al borde inferior del músculo poplíteo

- a) Origen alto de la arteria tibial anterior (3%)
- b) Existencia de tronco tibioperoneo anterior pero con origen alto (1%)
- c) Origen alto de la arteria tibial anterior con recorrido aberrante de ésta, por la cara anterior del músculo poplíteo (1%)
- d) Existencia de tronco tibioperoneo anterior con origen alto y recorrido aberrante por la cara anterior del músculo poplíteo (<0,1%)

Posteriormente, esta clasificación fue ampliada por Kim en 1989 a tres grupos, tras analizar 605 arteriografías de la arteria femoral de 495 pacientes. Esta moderna clasificación incluye nuevas variables en la ramificación terminal de la arteria poplíteo, y además añade un

tercer grupo a los dos que ya habían sido descritos por Lippert, en el que se describe la morfología de las ramas infrapoplíteas. (Kim 1989) (Figura 4):

Los tres grupos descritos por Kim (1989) son:

- I. Nivel de bifurcación normal de la arteria poplítea (a nivel del platillo tibial)
 - a. Patrón habitual (92,2%).
 - b. Trifurcación (2,0%).
 - c. Tronco Tibioperoneo anterior (La arteria peronea nace de la tibial anterior en vez de hacerlo de la tibial posterior, por ello habrá un tronco tibioperoneo anterior y no el habitual que es el tronco tibioperoneo posterior) (1,2%).
- II. Nivel de bifurcación alto de la arteria poplítea (proximal al borde superior del platillo medial de la tibia)
 - a. Arteria tibial anterior nace proximal al platillo tibial (3,7%).
 - i. Curso normal de la arteria tibial anterior (3%).
 - ii. Curso aberrante de la arteria tibial anterior, en curva (0,7%) (Adachi en 1928 describió que cuando el origen de esta arteria realizaba un curso anómalo, es porque acababa haciéndose anterior al músculo poplíteo. En este estudio al tratarse de arteriografías y no cadáveres, no podía verse esta relación con el músculo).
 - b. Arteria tibial posterior nace proximal al platillo tibial. Existirá por tanto un tronco tibioperoneo anterior del que se van a originar las arterias tibial anterior y peronea (0,8%).

- c. Arteria peronea nace proximal al platillo tibial. Existirá un tronco común para las arterias tibial anterior y tibial posterior (0,16%)
- III. Hipoplasia/aplasia en las ramificaciones, que altera el patrón de vascularización distal normal.
 - a. Aplasia-hipoplasia de la arteria tibial posterior. Reemplazada distalmente por la arteria peronea (3,8%).
 - b. Aplasia-hipoplasia de la arteria tibial anterior. La arteria dorsal del pie es reemplazada distalmente por la arteria peronea (1,6%).
 - c. Aplasia-hipoplasia de ambas arterias tibial anterior y posterior. Su vascularización distal será reemplazada por la arteria peronea (Arteria peronea magna o safena magna) (0,2%).

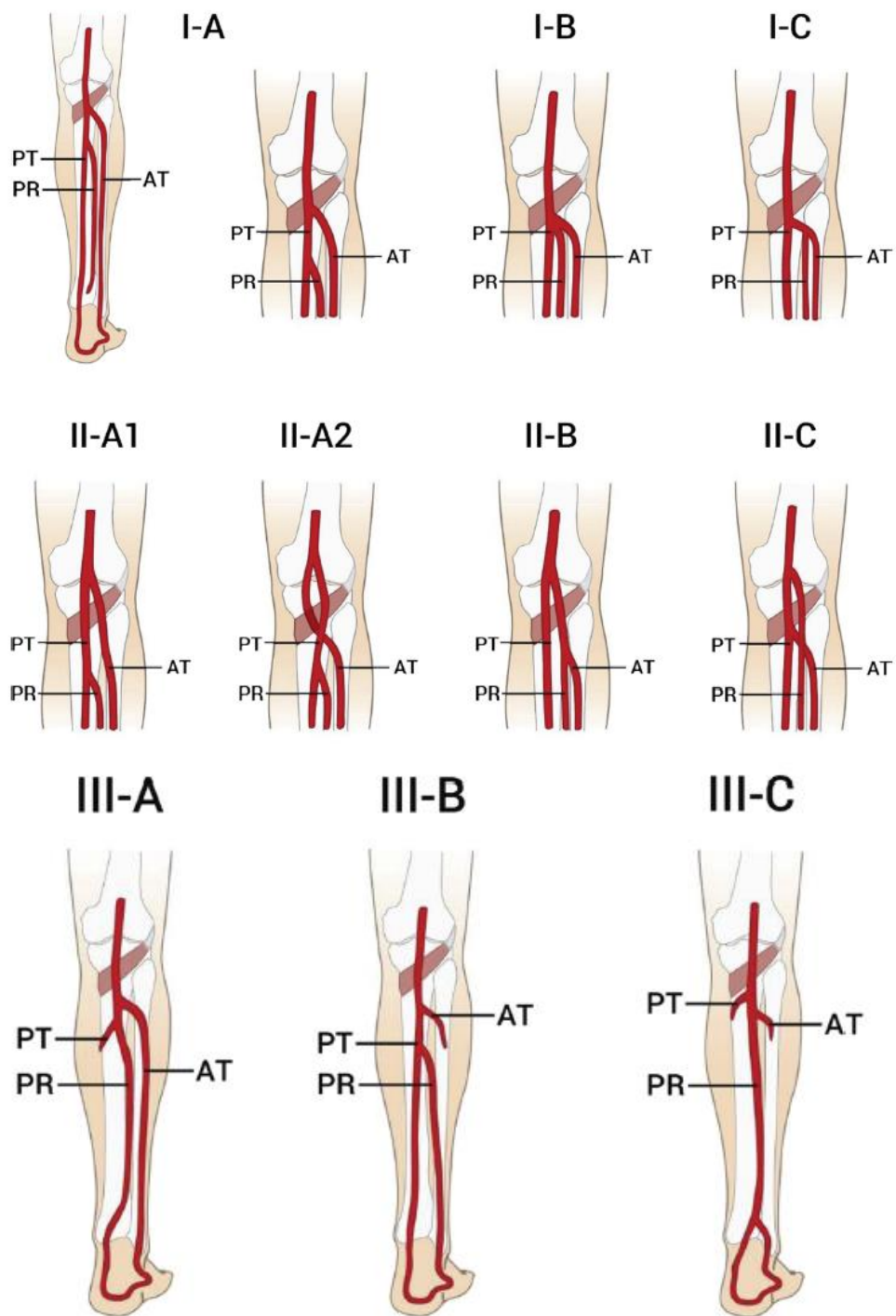


Figura 4 Clasificación de Kim de los patrones de división terminal de la arteria poplítea. (Tomada de Tomaszewski K.A., J Vasc Surg 2017)

3.3. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS TRABAJOS SOBRE VARIABILIDAD ANATÓMICA DE LA DIVISIÓN TERMINAL DE LA ARTERIA POPLÍTEA:

La variabilidad anatómica en esta región no es algo nuevo: han sido estudiadas y descritas múltiples variables, inicialmente de forma puntual, y luego más exhaustivamente, desde mediados del siglo XIX. Estas variables han adquirido mayor interés por parte de los clínicos en los últimos años; la aparición de las angiografías de la arteria femoral que se realizan a pacientes, han permitido un minucioso estudio y comprensión de la región poplítea.

La primera referencia a la existencia de variables anatómicas en esta zona la encontramos hace más de un siglo y medio; en el año 1844 Quain describió algunas de ellas en su tratado "The anatomy of the arteries of the human body". Quain (1844) examinó todas las principales arterias del cuerpo de interés quirúrgico en cadáveres y pudo establecer los patrones de distribución más frecuentes. Describió las primeras variables anatómicas, aunque de forma aislada. En la región poplítea, algunas de esas variables hoy son bien conocidas (Quain 1844):

- Existencia de una arteria tibial posterior proximal muy corta o incluso inexistente (en sus trabajos lo denomina tronco tibioperoneo).
- Origen alto de la arteria tibial anterior en un caso, que cruza por la cara anterior del músculo poplíteo en vez de ir por la cara posterior, y con la arteria peronea naciendo de la propia tibial anterior en vez de su habitual origen en la arteria tibial posterior.
- Anomalías puntuales en el trayecto de la arteria poplítea, como el hecho de que vaya lateral a la vena en vez de medial en un cadáver, o acompañada por dos venas poplíteas y no por una.

El estudio más amplio en cadáver de esta región fue llevado a cabo por Adachi (1928). Este autor fue un médico, anatomista y antropólogo japonés que durante más de 30 años disecó 770 extremidades. Su trabajo, “Das Arteriensystem der Japaner”, describe no sólo la variabilidad anatómica de la región poplítea, sino que elabora un tratado completo de anatomía vascular de todo el cuerpo en la raza japonesa, que a día de hoy continúa siendo una obra de referencia en la materia.

Adachi (1928) describió la variable anatómica de la división alta de la arteria poplítea, al encontrar este patrón en 21 de las 770 extremidades analizadas (2,7%). Se entiende por división alta aquella que tiene lugar proximal al borde inferior del músculo poplíteo. También ha sido llamada “origen alto de la arteria tibial anterior”; y fue ya descrito anteriormente por Quain (1844), con la diferencia de que ahora Adachi (1928) subdivide en 3 grupos esta variable, siendo la primera clasificación conocida de las variables anatómicas a este nivel (Adachi 1928):

- Grupo I (0,9%). La arteria poplítea se divide en 2 ramas:
 - Medial: Raíz común para arteria tibial posterior y peronea
 - Lateral: se dirige anteriormente, será la arteria tibial anterior

La división alta podía tener lugar:

- En la mitad del músculo poplíteo
- Cerca del borde superior del músculo poplíteo
- En el borde superior del músculo poplíteo
- A la altura de la línea de flexión de la rodilla

- A la altura de la línea intercondílea (3,5cm proximal al borde superior del músculo poplíteo)
- Grupo II (0,8%). La arteria poplítea se divide en 2 ramas:
 - Medial: será la arteria tibial posterior
 - Lateral: tronco común para arteria tibial anterior y peronea
- Grupo III (1%). La arteria poplítea se divide en 2 ramas:
 - Anterior: discurre por la cara anterior del músculo poplíteo. Será la arteria tibial anterior
 - Posterior: tronco común para arterias tibial posterior y peronea, que discurre por cara posterior del músculo poplíteo.

En 413 extremidades inferiores que no tenían una división alta de la arteria poplítea, describió 4 posibilidades diferentes de división terminal de esta arteria (Adachi 1928):

1. Trifurcación de la arteria poplítea (directamente aparecen las 3 ramas terminales; arteria tibial anterior, tibial posterior y peronea, sin encontrarse troncos comunes entre ellas) (0,7%)
2. Arteria tibial posterior proximal muy corta (el autor habla de tronco tibioperoneo corto). (0,5%)
3. Existencia de un tronco común de origen para arterias tibial anterior y peronea (en vez del patrón habitual, en el que la arteria peronea nace de la arteria tibial posterior). Lo denominó tronco tibioperoneo anterior. (0,5%)
4. Rama comunicante entre arteria poplítea y tibial anterior en el ángulo de origen de ésta última. (0,2%)

Otro estudio importante en la anatomía de la región lo realizó Trotter, en 1940. Este autor elaboró un trabajo comparativo entre arterias poplíteas de negros afroamericanos y blancos europeos, disecando un total de 594 extremidades. Estableció a su vez una nueva clasificación, en 3 grupos y 10 subgrupos, esta vez en función de la altura en la que se dividía la arteria poplítea (Trotter 1940):

- Grupo A. División alta, en la cara posterior del músculo poplíteo.
- Grupo B. División alta, proximal al borde superior del músculo poplíteo.
- Grupo C. División al nivel habitual o distal al músculo poplíteo.

Con los avances en el intervencionismo vascular, a partir de finales de los años 50, han ido apareciendo nuevos estudios de las arterias de la región poplítea realizados con arteriografía. Esta técnica, mucho más rápida, permite visualizar la distribución del árbol arterial de la extremidad inferior sin la necesidad de emplear cadáveres. Las arteriografías, empleadas con cualquier finalidad clínica, pueden ser revisadas para el estudio de la variabilidad anatómica arterial, evitando así la necesidad de las costosas infraestructuras que precisa el manejo de cadáveres, así como lo laborioso de su disección.

El problema que presentan los estudios con angiografía es que no permiten valorar la relación de la división terminal de la arteria poplítea y su relación con el músculo poplíteo. Los autores de estos artículos establecen que el nivel de división habitual, que correspondería al borde inferior del músculo poplíteo, coincide con el borde superior del plantillo tibial, dato que sí puede ser visualizado en las angiografías.

Uno de los primeros estudios realizados con arteriografía lo publica Morris en 1959. Este autor analiza 246 arteriografías de extremidades inferiores, y va a establecer una serie de mediciones que le permitirán hacer la primera clasificación moderna basada en pruebas de

imagen. Las mediciones las van a establecer tomando como referencia la línea articular de la rodilla, puesto que no se puede visualizar el músculo poplíteo con esta técnica de imagen.

Bardsley en 1970 realiza un trabajo con 235 arteriografías de extremidades inferiores en 155 pacientes, y observa la variabilidad anatómica de la arteria poplíteo y la simetría de las variables en un mismo sujeto. Encuentra que en el caso de que en una rodilla, el patrón fuera el normal, la posibilidad de hallar una variable en la extremidad contralateral era sólo del 8%. Si, por el contrario, en una extremidad aparecía una variable, en el 50% de las veces aparecía también alguna variable en el otro lado.

Day publica en 2006 su estudio sobre variables anatómicas en el que analiza 1037 extremidades inferiores con angiografía. Este autor postulaba que podía ser fuente de error el distinguir si una arteria infrapoplíteo era hipoplásica en el caso de patología vascular del paciente, siendo en estos casos difícil distinguir si el patrón hipoplásico encontrado era una verdadera variable anatómica congénita o era un patrón adquirido por la enfermedad aterosclerótica.

El estudio hoy en día con mayor tamaño muestral es de Sung-Won Kil (2009), en el que se analizan con arteriografía 621 pacientes (1242 extremidades). Es el primer estudio largo en el que se analizan ambas extremidades en los sujetos. Encontraron que el 89,2% de las extremidades presentaban un patrón de distribución normal. El 10,8% restante presentaron alguna de las 7 variables descritas en la clasificación de Kim (1989).

Con el desarrollo en las pruebas de imagen, aparece el interés por el estudio de esta región anatómica con técnicas menos invasivas. Tindall (2006) analiza con ecografía doppler color 100 rodillas, encontrando en 6 de ellas un origen alto de la arteria tibial anterior (tipo IIa de

Kim). En todos los casos, esta arteria discurría por la cara anterior del músculo poplíteo, en íntima relación con la cortical posterior de la tibia proximal (tipo IIa.1 de Kim).

3.4. JUSTIFICACIÓN EMBRIOLÓGICA DE LA VARIABILIDAD:

3.4.1. Fundamento embriológico:

Las variables anatómicas en el patrón de ramificación de la arteria poplíteo pueden ser explicadas a partir del desarrollo embriológico de las arterias de la extremidad inferior (Mauro 1988, Senior 1919, 1925, 1929).

La formación del sistema arterial comienza en el embrión en el estadio 13, días 30-33 de gestación (O’Rahilly 1973, O’Rahilly and Müller 2006 y 2010), y finaliza en torno al tercer mes. Inicialmente la arteria dominante de la extremidad inferior es la arteria ciática, rama de la arteria umbilical. Más adelante, la arteria femoral, rama de la arteria ilíaca externa, aparece y se une a la arteria ciática en la parte distal del muslo a través de un vaso comunicante (arteria comunicante superior).

La arteria ciática distal a esta unión, originará las arterias poplíteo y peronea. La arteria femoral dará lugar a las futuras arterias tibiales anterior y posterior en el adulto. Los vasos embrionarios pueden sufrir alteraciones en su proceso de desarrollo o involución, o incluso originar fusiones anómalas. Estas alteraciones en el desarrollo pueden ser el origen de las variables anatómicas que encontramos en el adulto a este nivel, aunque los mecanismos no son aún bien comprendidos (Mauro 1988).

3.4.2. Justificación de algunas variables anatómicas:

Senior (1925, 1929) a principios del siglo XX hace la primera referencia a las variables anatómicas de la arteria poplítea y ramas terminales, y su relación con posibles anomalías durante el desarrollo embrionario. Lo que ocurre es que el número de embriones examinados es escaso como para determinar la naturaleza exacta de cada una de las variables y los numerosos cambios que ocurren durante el desarrollo embrionario.

La aplasia o hipoplasia de la arteria tibial posterior en el adulto, podría ser causada por la ausencia de desarrollo de la parte distal de la arteria femoral, y en contrapartida por la persistencia de la región de la arteria ciática que debería involucionar y no lo hace, originando una arteria peronea magna (Bradsley 1970).

Según Senior (1929), la explicación de la aplasia o hipoplasia de la arteria tibial posterior suplantada distalmente por la arteria peronea, es fruto de una anomalía durante el desarrollo embrionario. Postula que hay una ausencia o hipoplasia de una arteria embrionaria, la arteria tibial posterior superficial, de forma que la arteria peronea superficial, en vez de involucionar como ocurre normalmente, crece y se hipertrofia hasta fusionarse con las arterias plantares a nivel distal, suplantando así a la arteria tibial posterior del adulto a este nivel.

En el estadio 21, correspondiente a los días 49-52 de gestación (O'Rahilly 1973, O'Rahilly and Müller 2006 y 2010), la longitud media máxima de embrión es de 22,9mm. En este momento la arteria tibial anterior se une a la peronea superficial, a nivel del borde inferior del músculo poplíteo, a través del ramo comunicante medio. Las arterias peronea superficial y tibial posterior superficial, que nacen de la arteria poplítea profunda a nivel del borde proximal del músculo poplíteo, se fusionan en su trayecto por la cara posterior

del músculo poplíteo, para formar la futura arteria poplíteo, que recorrerá la cara posterior de éste músculo. Si esta fusión entre ambas no tiene lugar o no llega tan distal (si no alcanza el borde distal del músculo poplíteo), la arteria tibial anterior y peronea quedarán fusionadas y compartirán un tronco común de origen desde la arteria poplíteo, que lógicamente será proximal al borde inferior del músculo poplíteo.

La división de la arteria poplíteo en esta situación quedará más proximal, y podremos observar que en el desarrollo la arteria peronea se acabará originando desde un tronco común con la arteria tibial anterior y no con la posterior (Senior 1929). Esta disposición de la división terminal de la arteria poplíteo correspondería al patrón II.B de Kim (1989), en el que aparece una bifurcación alta de la arteria poplíteo en arteria tibial posterior y tronco tibioperoneo anterior. Distalmente este tronco se bifurca en arterias tibial anterior y peronea.

Colborn (1994) ya postula en su trabajo que una fusión corta de las arterias peronea superficial y tibial posterior superficial puede ser la explicación de una bifurcación alta de la arteria poplíteo con una arteria peronea originándose a partir de la tibial anterior.

En el patrón II.A.2 descrito por Kim (1989), encontramos que aparece una bifurcación alta de la arteria poplíteo en arterias tibial anterior y posterior, y que la arteria tibial anterior lleva un recorrido aberrante sobre la cara anterior del músculo poplíteo. Este patrón de división terminal puede justificarse debido a la ausencia, durante el período embrionario, del ramo comunicante medio, que unía la peronea superficial a nivel del borde inferior del músculo poplíteo con la arteria perforante crural o futura tibial anterior (rama de la arteria poplíteo profunda).

Para mantener irrigada esta futura arteria tibial anterior lo que sucede entonces es que no involuciona la poplítea profunda y queda el segmento que discurre por la cara anterior del músculo poplíteo, que es el que irrigará el ramo perforante crural. De esta forma en el adulto ese segmento no involucionado será la arteria tibial anterior, que alcanza la arteria poplítea madura a nivel del borde proximal del músculo poplíteo, y discurre por la cara anterior de éste para luego dirigirse al compartimento anterior de la pierna (Senior 1929, Tindall 2006)

Kim (1989), describe un patrón de división terminal de la arteria poplítea en el que esta división ocurre proximal al borde superior del músculo poplíteo, bifurcándose en arterias tibial anterior y tibial posterior. Ambas arterias recorren la cara posterior del músculo poplíteo, y más distalmente, la arteria peronea se origina a partir de la arteria tibial posterior. A este patrón lo denomina II.A.1, y puede tener su explicación porque dos arterias se fusionan de forma anómala durante el desarrollo embrionario; las arterias tibial posterior superficial y peronea superficial, que se originan a nivel del borde proximal del músculo poplíteo para formar la parte distal de la futura arteria poplítea, no lo hacen nada más que en la zona cercana al borde distal del músculo poplíteo.

El ramo comunicante medio, que comunicaba la arteria peronea superficial, con la arteria perforante o futura tibial anterior, queda anclado a la parte proximal de la arteria peronea superficial. Esto ocasiona que la futura arteria tibial anterior, en vez de originarse a nivel del borde inferior del músculo poplíteo, lo haga proximalmente. (Senior 1929)

3.5. RAZA, LATERALIDAD Y GÉNERO:

El interés por conocer la distribución de la variabilidad de la arteria poplítea en la población empieza en los años 20 con los textos de Adachi (1928), basados en la población japonesa.

El trabajo de Trotter estudia la distribución de estas variables comparando población europea y negros afroamericanos. Encontró que las variables distintas del patrón clásico, (patrón I.A de Kim), eran más frecuentes en la raza negra y en varones. (Trotter 1940)

Keen se interesa por la lateralidad de estos hallazgos. No encontró dominancia derecha o izquierda a la hora de presentarse las distintas variables anatómicas. En sus extremidades disecadas, los hallazgos fueron bilaterales en el 27,5% de los casos. (Keen 1961)

La llegada de la arteriografía ha permitido aumentar mucho el tamaño muestral de los trabajos, facilitando el estudio de la probabilidad de tener o no una variable en función de lo hallado en la extremidad contralateral (Bradsley 1970). Este autor encontró en su trabajo:

- En el caso de que en una rodilla el patrón de ramificación terminal de la arteria poplítea sea el normal, la posibilidad de hallar una variable distinta del patrón clásico en la extremidad contralateral es del 8%.
- Si, por el contrario, en una extremidad aparece una variable distinta del patrón clásico, en el 50% de las veces aparecería también en el otro lado.

Kil en su trabajo estudia también la bilateralidad y simetría de las variables anatómicas de la división terminal de la arteria poplítea, y muestra resultados algo dispares a los obtenidos por Bardsley (Kil 2009):

- Cuando el patrón de división terminal de la arteria poplítea es normal, existe un 13% de probabilidades de encontrar alguna variable en la extremidad contralateral.
- Si el patrón es una variable anatómica distinta al patrón clásico, existe una probabilidad del 28% de encontrar también alguna variable en el otro lado.

Szpinda M (2006) encuentra, a principios del siglo XXI, que la bilateralidad es más frecuente cuando la variable encontrada es el subtipo II.B de Kim (origen alto de la arteria tibial posterior y existencia de un tronco tibioperoneo anterior)

3.6. INTERÉS CLÍNICO:

El conocimiento detallado de la anatomía de las arterias que irrigan la extremidad inferior es fundamental para llevar a cabo procedimientos diagnósticos y terapéuticos. La región poplítea es un área anatómica dónde existen gran cantidad de variables anatómicas que el profesional debe conocer para llevar a cabo los distintos procedimientos de forma segura y exitosa.

La arteria poplítea tiene un recorrido descendente y oblicuo lateral, desde su inicio en el hiato aductor, hasta su bifurcación a nivel del borde inferior del músculo poplíteo. Durante su recorrido se sitúa inmediatamente posterior a la línea articular de la rodilla, discretamente lateral a la línea media. Esta situación anatómica es encontrada en el 94,1% de los casos (Sanz-Pérez 2015), en el 95% (Ninoyima 1999) y en el 94,3% (Keser 2006). Esta disposición hace que pueda estar en riesgo durante procedimientos quirúrgicos en torno a la rodilla.

La arteria poplítea y sus ramas, debido a su localización, pueden verse dañadas durante procedimientos quirúrgicos en la región de la rodilla. Tal es el caso de la cirugía ortopédica, en la que en diferentes procedimientos pueden realizarse cortes transversales de la superficie tibial con sierra oscilante y con osteotomos, se hacen brocados la meseta tibial con dirección anteroposterior, así como suturas meniscales con instrumental punzante. Las complicaciones vasculares más frecuentemente encontradas en cirugía de rodilla son: (Langkamer 2001)

- Isquemia aguda: por trombosis arterial o por daño directo
- Hemorragia: por daño vascular directo
- Edema: por la aparición de fístulas arteriovenosas
- Aneurisma
- Hemartros de repetición

La complicación vascular más frecuente es las trombosis por daño de la íntima. Durante la artroplastia total de rodilla, estas lesiones pueden ocurrir por compresión externa, como con el uso de manguitos de isquemia, o por tracción de la arteria, como ocurre al corregir deformidades rígidas en flexión o al realizar movimientos forzados de hiperextensión durante la cirugía. Las lesiones completas de la pared de la arteria son raras, aunque han sido descritas en osteotomías tibiales. (Stewart 2001)

La existencia de patología vascular periférica o cirugía vascular previa en la extremidad aumenta significativamente la posibilidad de lesiones iatrogénicas en la arteria poplítea durante la cirugía. (Stewart 2001)

A pesar de los avances en cirugía vascular, las lesiones de la arteria poplítea continúan siendo muy peligrosas, precisando cirugía de revascularización en muchas ocasiones. Una vez ocurrida la complicación, las secuelas son importantes, encontrándose una tasa de amputación que puede ascender hasta el 66% (De Lee 1985).

Durante la artroplastia de rodilla (ATR), la incidencia de lesión vascular oscila entre el 0,03-0,2% (Langkamer 2001, Stewart 2001). Son lesiones infrecuentes, pero potencialmente muy graves.

Durante la cirugía protésica de rodilla, los vasos pueden ser dañados en varios momentos:

- Corte con sierra de los cóndilos posteriores del fémur, así como del platillo tibial, donde se realiza un corte horizontal completo de toda la superficie articular de la tibia de unos 8-10mm de grosor.
- Inserción de pines horizontales en tibia
- Uso de torniquete
- Colocación de retractores en la zona posterior de la tibia
- Movimientos de hiperextensión durante la cirugía o corrección de deformidades fijas en flexión.

La mayor parte de las veces se trata de lesiones de la íntima como se ha descrito antes. Las lesiones traumáticas directas en ATR son muy raras, aunque han sido descritas en varias ocasiones asociadas a la inserción de pines tibiales horizontales. El daño directo produce laceración y pseudoaneurismas. (Langkamer 2001)

Se ha descrito que la arteria poplítea a nivel de la interlínea articular queda discretamente lateral a la línea media (Ninoyima 1999, Keser 2006, Sanz-Pérez 2015). Por ello existe riesgo

de lesión vascular con el retractor cuando este se colca lateral al ligamento cruzado posterior o se introduce 1cm o más en tejidos blandos de la región posterior de la rodilla.

Se ha visto que colocando el retractor lateral al ligamento cruzado posterior, éste puede desplazar indirectamente la arteria, y ocasionar lesiones en la íntima (Figura 5). Esto no ocurre con una colocación más medial del retractor, aunque colocándolo medial al ligamento cruzado posterior, la exposición del platillo tibial es subóptima.



Figura 5 Arteriografía lateral de una rodilla en hiperflexión durante una artroplastia total de rodilla. La tibia es expuesta usando un retractor que queda muy próximo a la arteria poplítea. (Tomada de Ninoyima, The Journal of Arthroplasty 1999)

Para la preparación de la rótula durante una artroplastia total de rodilla, algunos cirujanos colocan la extremidad en extensión. Esto puede ocasionar una hiperextensión, colocando a la arteria poplítea en forma de tienda de campaña invertida, y en íntimo contacto con los márgenes posteriores de tibia y fémur, que pueden lesionar a la arteria. (Figura 6)

La arteria, si es aterosclerótica, también puede sufrir lesiones en hiperextensión e hiperflexión.

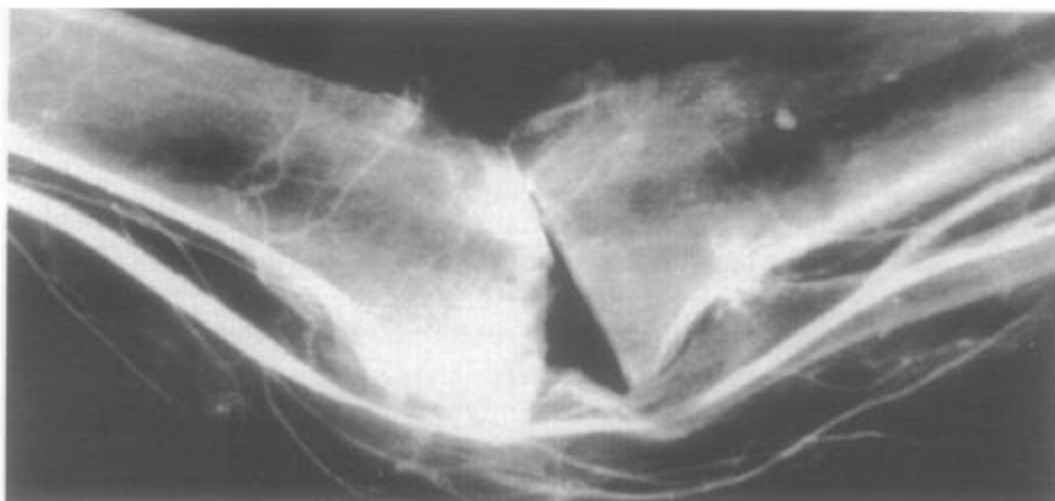


Figura 6 Arteriografía lateral de una rodilla en hiperextensión durante una artroplastia total de rodilla. La superficie proximal tibial afilada tras el corte queda en íntimo contacto con la arteria poplítea. (Tomada de Ninoyima., The Journal of Arthroplasty 1999)

Aún incluso la cirugía artroscópica, considerada un proceso mínimamente invasivo, puede producir lesiones serias en la arteria poplítea. Las lesiones de la arteria poplítea durante la cirugía artroscópica son aún menos frecuentes que en cirugía abierta, existiendo tasas 0,002-0,005%, y generalmente asociadas a reconstrucciones del ligamento cruzado posterior o patología del cuerno posterior de menisco externo (Keser 2006).

La arteria normalmente se sitúa algo lateral al eje central de la tibia, justo por detrás del cuerno posterior del menisco externo a la altura de la interlínea articular (Keser 2006). La distancia media mínima desde el muro posterior del menisco externo hasta la arteria poplítea es de 1,01cm (1,06cm en varones y 0,88cm en mujeres). Esta corta distancia pone en riesgo a la arteria en procedimientos de sutura meniscal externa (Sanz-Pérez 2015).

El riesgo de lesiones iatrogénicas a la arteria poplítea o alguna de sus ramas terminales durante intervenciones quirúrgicas aumenta si existen variables anatómicas que alteren el

recorrido de éstas (Colborn 1994). Esto es especialmente relevante en el caso del origen alto de la arteria tibial anterior y recorrido de esta arteria por la cara anterior del músculo poplíteo. En esta variable, la arteria tibial anterior discurre justo por detrás de la cara posterior de la tibia, a 1mm por detrás de la cortical posterior, haciendo que sea especialmente vulnerable a ser lesionada durante los siguientes procedimientos: (Keser 2006) (Figura 7)

- Osteotomías tibiales
- Artroplastia total de rodilla
- Sutura meniscal externa
- Reconstrucción del ligamento cruzado posterior.
- Inserción de tornillos de fijación de osteotomías de la tuberosidad tibial anterior

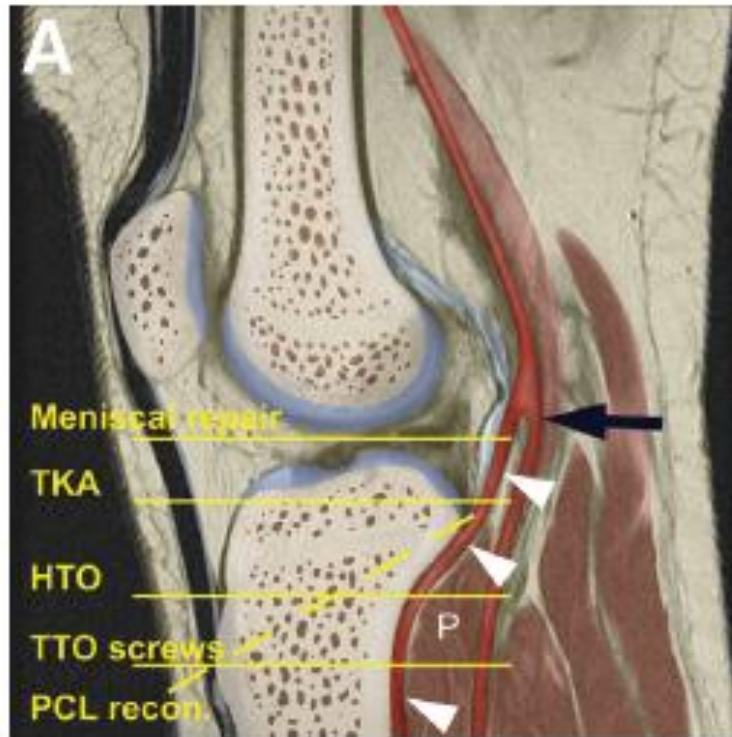


Figura 7 Imagen esquemática de un corte sagital de la rodilla que relaciona la arteria tibial anterior cuándo discurre por la cara anterior del músculo poplíteo (flechas) y el nivel de distintos procedimientos quirúrgicos (líneas amarillas). TKA: Total Knee Arthroplasty, artroplastia total de rodilla, HTO: High Tibial Osteotomy, osteotomía tibial alta, TTO: Tibial Tuberosity Osteotomy Screws, tornillos de fijación de osteotomías de la tuberosidad tibial anterior, PCL recon.: Posterior Cruciate Ligament Reconstruction, reconstrucción del ligamento cruzado posterior. (Tomada de Keser, Arthroscopy 2006)

La incidencia de esta variable anatómica no es escasa, en torno al 1%- 2,4% (Adachi 1928, Trotter 1940), según las fuentes consultadas. Conociendo su vulnerabilidad en los procedimientos quirúrgicos enumerados, Klecker (2008) plantea la posibilidad de realizar en los pacientes que van a someterse a alguna de esas intervenciones una RMN preoperatoria para dar a conocer alguna variable anatómica si existiera.

El conocimiento de la arteria poplíteo y sus posibles variables es fundamental para la planificación de los bypasses arteriales, donde es necesario reconocer el patrón vascular de la extremidad para poder ser llevados a cabo con éxito (Colborn 1994).

Es de especial importancia también conocer la distribución de los vasos terminales de la arteria poplítea a la hora de planificar los injertos libres de peroné en las reconstrucciones mandibulares, particularmente los subtipos III.A de la clasificación de Kim (Piral 1996).

Por lo tanto, es vital el estudio y profundo conocimiento de la división terminal de la arteria poplítea por parte de los profesionales dedicados a la cirugía de esta región anatómica.

Una adecuada planificación quirúrgica permitirá reducir la incidencia de lesiones iatrogénicas serias en esta arteria y sus ramas terminales durante procedimientos ortopédicos, percutáneos y de cirugía vascular.

4. OBJETIVOS

1. Examinar y describir, mediante el estudio de disección en cadáver, los patrones de bifurcación de la arteria poplítea. Analizar los distintos subtipos y su frecuencia.
2. Analizar la relación entre la altura de la bifurcación terminal de la arteria poplítea y el músculo poplíteo.
3. Encontrar si existe o no existe influencia del género y la lateralidad en la variabilidad anatómica. Buscar si existe bilateralidad en estas variables.
4. Describir los calibres de las arterias poplítea, tibial anterior, tibial posterior proximal, tibial posterior distal y peronea, y ver si existen diferencias por género y lado.
5. Tratar de asociar y describir las variables anatómicas halladas en adultos con las posibles anomalías que pueden ocurrir durante el período embrionario.
6. Comparar los resultados obtenidos con aquellos existentes en estudios sobre angiografía. Parece que hay una tendencia que muestra que, en los estudios sobre cadáver, hay menor frecuencia de aparición de anomalías y variables que en aquellos trabajos sobre angiografía. Analizar esa afirmación comparando los estudios publicados hasta el momento, tanto en cadáver como en angiografía.
7. Estudiar las lesiones iatrogénicas en la arteria poplítea y ramas distales durante procedimientos de cirugía ortopédica. Buscar la posible implicación y aumento del riesgo (si existiera) en determinadas variables anatómicas.

8. Justificar o no la necesidad de pruebas diagnósticas preoperatorias para evaluar el patrón de división terminal de la arteria poplítea en el caso de llevar a cabo procedimientos de cirugía ortopédica en la rodilla.

5. MATERIAL Y METODOS

Se han disecado 130 cadáveres humanos embalsamados pertenecientes al Centro de Donación de Cuerpos y Disección de Cadáveres de la Universidad Complutense de Madrid y a la Universidad de Cambridge. De los 130 cadáveres pertenecían al sexo femenino 66 y al masculino 64. En total se analizaron 260 regiones poplíteas para una muestra de 260 arterias poplíteas.

Los cadáveres han sido disecados durante 3 años, por alumnos de Grado de Medicina de la Universidad de Cambridge, por alumnos de Grado de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid y por el propio doctorando.

La técnica de embalsamado consistió en una inyección femoral que contenía etanol, fenol, y formaldehído en las cantidades fijadas en el Acta de Madrid (2015). La mezcla para disección estaba formada por esta composición aproximadamente:

Metanol 62,5%

Glicerina 17,5%

Fenol 12,5% (a partir de fenol al 80%)

Formaldehído 7,5% (a partir de solución acuosa al 37-38%)

Se han tomado medidas en cada cadáver, de las extremidades inferiores derecha e izquierda; del diámetro las arterias poplíteas, tibial anterior, tibial posterior distal y peronea, y de la longitud y diámetro de la arteria tibial posterior proximal. Así mismo, se ha documentado la altura de bifurcación de la arteria poplíteas con respecto al músculo poplíteo, y en el caso de que fuera proximal al borde inferior de éste, se ha medido la

distancia desde el borde inferior del músculo poplíteo hasta la bifurcación de la arteria poplíteo.

La técnica de disección empleada fue la descrita por Loukas (2013) Para ello, el cadáver se coloca en decúbito prono y se centra la disección en la región posterior de la rodilla y pierna. Se hace una incisión longitudinal en la cara posterior del muslo y pierna desde una distancia de unos 10 centímetros proximal a la interlínea articular de la rodilla y se prolonga hasta la mitad de la pierna. Se realiza una incisión transversa en los extremos de la primera incisión y se reclina la piel. Retiramos el tejido adiposo superficial.

Se identifica la vena safena menor y se liga a la altura del cayado. Seccionamos longitudinalmente la fascia de la pierna y se exponen ambos gastrocnemios.

Identificamos los músculos semitendinoso y bíceps femoral, y los reclinamos con un separador automático para identificar el contenido de la fosa poplíteo. Retiramos del interior de la fosa tejido adiposo y nódulos linfáticos hasta que identificamos la arteria y vena poplíteas y los nervios tibial y peroneo común.

A continuación, se localiza la cabeza del gastrocnemio lateral y se secciona próxima al cóndilo femoral. Se reclina este músculo seccionado y se exponen los músculos sóleo y plantar. Identificamos el plano que separa sóleo de los músculos del compartimento profundo, con bisturí seccionamos el origen del sóleo en peroné y tibia, y reclinamos el músculo medialmente.

Una vez expuesto el recorrido de la arteria poplíteo y sus ramas terminales, limpiamos la arteria hasta identificar su bifurcación y llegar a ver sus tres ramas terminales.

Para facilitar su estudio y evitar confusiones, en este trabajo hemos dividido a la arteria tibial posterior en dos segmentos, la arteria tibial posterior proximal y la arteria tibial posterior distal.

La arteria tibial posterior proximal será el segmento comprendido desde el origen de la arteria tibial posterior hasta el nacimiento de la arteria peronea, y viene a medir unos 2,5cm aproximadamente. La arteria tibial posterior distal será la porción de la arteria que queda distal al origen de la arteria peronea (Figura 8).

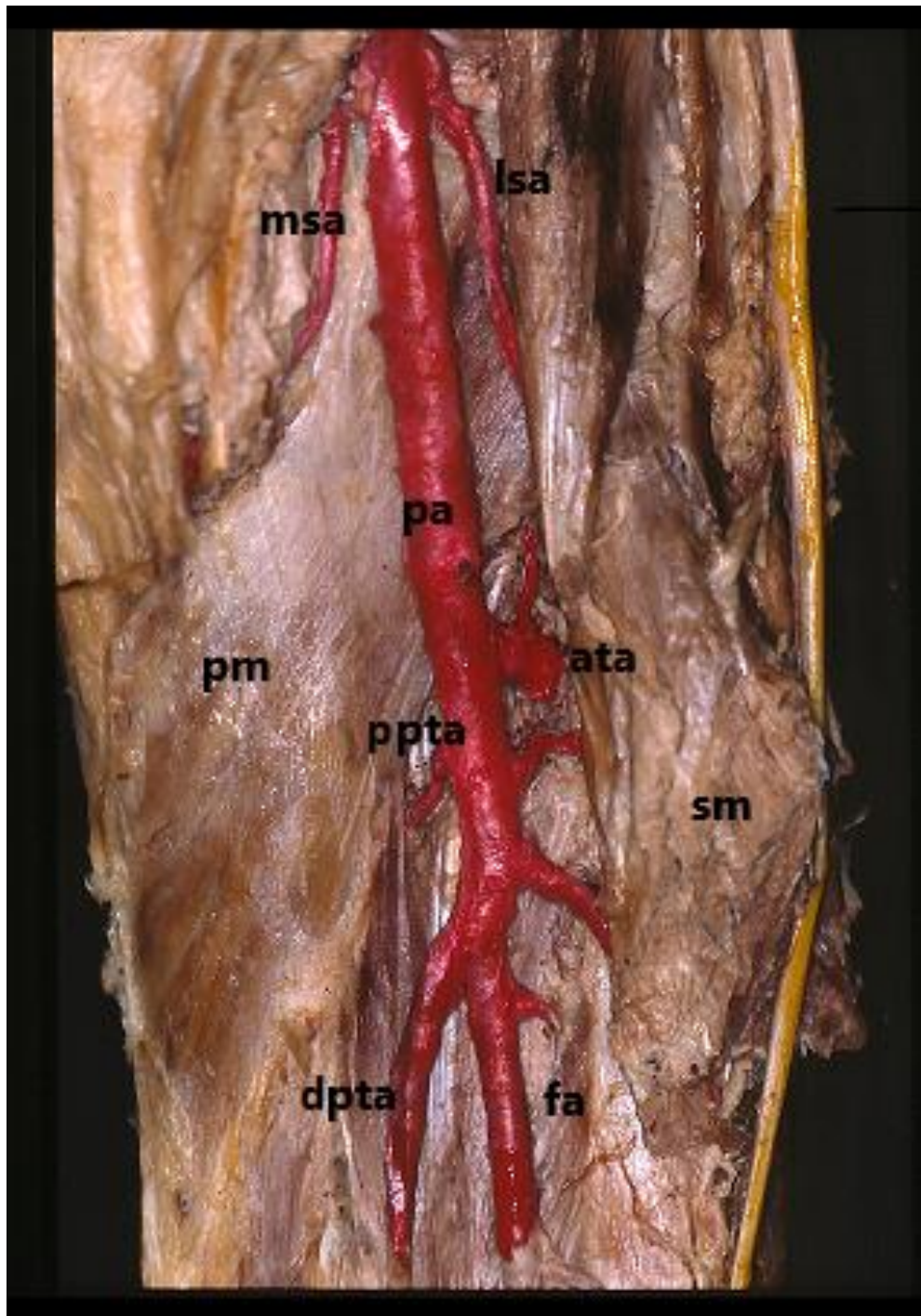


Figura 8 División terminal de la arteria poplítea (pa: popliteal artery) derecha a nivel del borde inferior del músculo poplíteo (pm: popliteal muscle) en las arterias tibial anterior (ata: anterior tibial artery) y tibial posterior proximal (ppta: proximal posterior tibial artery). La arteria peronea (fa: fibular artery) se origina de la ppta distal a la bifurcación poplítea. La ppta se continúa como arteria tibial posterior distal (dpta: distal posterior tibial artery), una vez originada la fa.

5.1. PARÁMETROS ANALIZADOS:

Las mediciones se han realizado con un calibrador pie de rey.

Una vez disecada la región y expuestas las arterias poplítea, tibial anterior, tibial posterior proximal, tibial posterior distal y peronea, así como identificado el músculo poplíteo, se procedió a medir cada una de las arterias y describir los patrones de bifurcación.

Los 5 parámetros evaluados fueron los siguientes

5.1.1. Patrón de división de la arteria poplítea:

Concurrencia de cada uno de los posibles tipos de configuraciones de la arteria poplítea respecto a su bifurcación en las ramas terminales y la relación con el músculo poplíteo.

5.1.2. Referencia con respecto al músculo poplíteo:

Concurrencia del origen de la arteria tibial anterior respecto del musculo poplíteo en dos categorías: distal al borde inferior o proximal al borde inferior.

5.1.3. Distancia de origen de la arteria tibial anterior con referencia al músculo poplíteo:

Medición en centímetros de la distancia desde el origen de la arteria tibial anterior al borde inferior del musculo poplíteo, en aquellos casos únicamente en los cuales el origen de la arteria tibial anterior se sitúe proximal al borde inferior de éste.

5.1.4. Diámetro de las arterias poplítea y sus ramas terminales:

Medición en centímetros del diámetro de la arteria poplítea 2 centímetros proximal a su bifurcación.

Medición en centímetros del diámetro de las arterias tibial anterior, tibial posterior distal y arteria peronea, 1 centímetro distal a su origen.

5.1.5. Diámetro y longitud de la arteria tibial posterior:

Medición en centímetros, del diámetro de la arteria tibial posterior proximal 1 centímetro distal a su origen, y su longitud.

Posteriormente todos estos datos se introdujeron en una tabla Excel (Microsoft Excel 2010) para cada uno de los 130 cadáveres.

Se realizó un esquema, dibujando la forma y división terminal de cada arteria poplítea, de las distintas configuraciones encontradas respecto a la división terminal de la arteria poplítea, tanto del patrón habitual cómo de otros patrones hallados, obteniéndose las siguientes configuraciones posibles (Figura 9):

Patrón 1: Arteria poplítea con patrón de bifurcación habitual: distal al borde inferior del músculo poplíteo se divide en arterias tibial anterior y posterior.

Patrón 2: Arteria poplítea con bifurcación proximal al borde inferior del músculo poplíteo, dividiéndose en arterias tibial anterior y posterior. Dentro de este patrón 2, encontramos 3 posibilidades distintas:

- Patrón 2.a: La arteria poplítea se bifurca en arterias tibial anterior y tibial posterior proximal. La arteria peronea nace de la arteria tibial posterior proximal algo distal a la bifurcación poplítea, y ésta última se continúa como arteria tibial posterior distal.
- Patrón 2.b: Misma configuración que el patrón 2.b pero el recorrido de la arteria tibial anterior es por la cara anterior del músculo poplíteo.
- Patrón 2.c: La arteria poplítea se bifurca en arterias tibial anterior y tibial posterior. La arteria peronea nace de la arteria tibial anterior algo distal a la bifurcación poplítea.

Patrón 3: Arteria poplítea que se trifurca en arteria tibial anterior, tibial posterior y peronea al mismo nivel.

No se observaron configuraciones en las que la arteria poplítea se dividiera en las tres ramas (arteria tibial anterior, tibial posterior y peronea) proximal al borde inferior del músculo poplíteo.

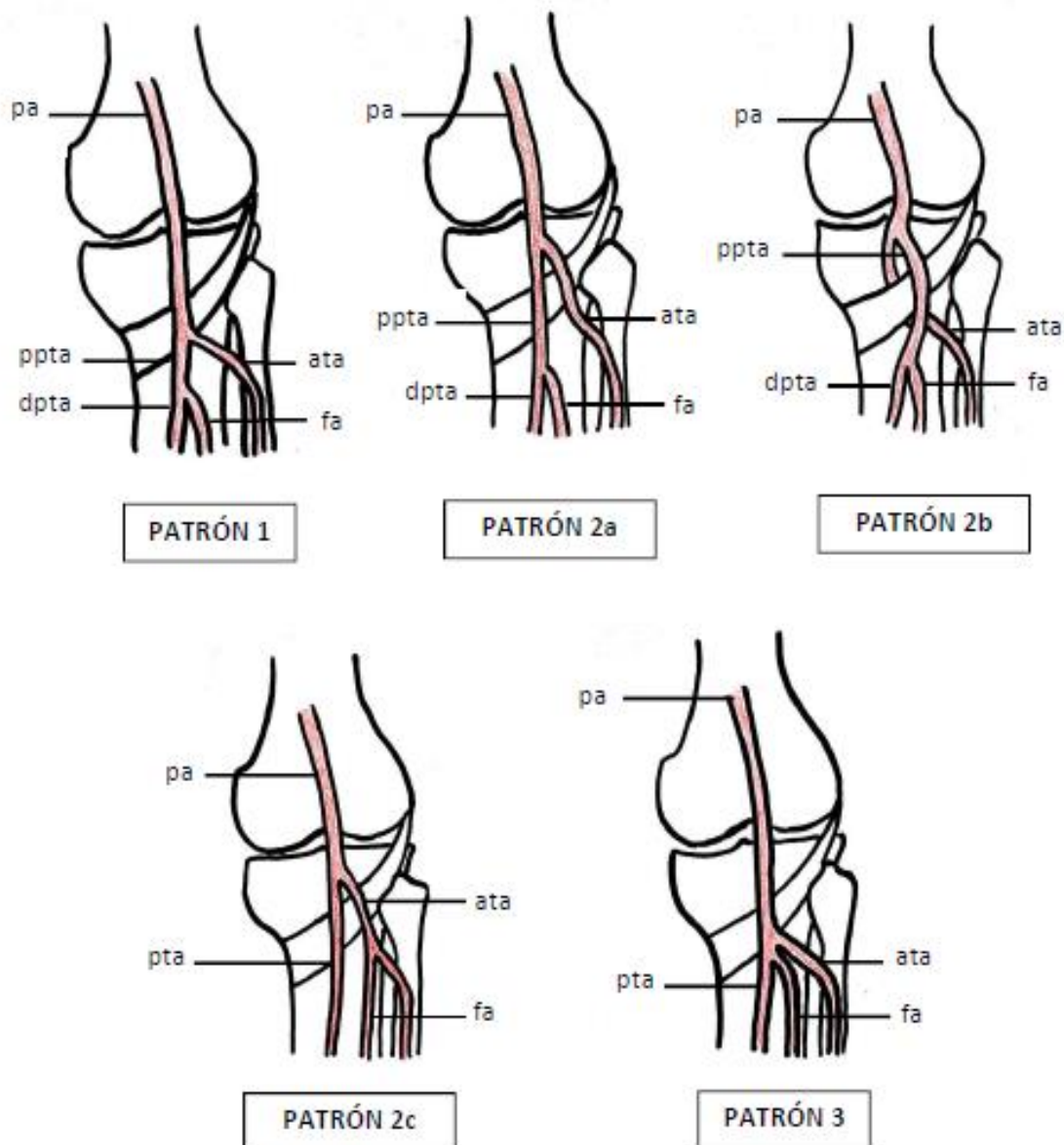


Figura 9 Patrones de división terminal de la arteria poplítea (pa: popliteal artery). Ata (anterior tibial artery): arteria tibial anterior, pta (posterior tibial artery): arteria tibial posterior, ppta (proximal posterior tibial artery): arteria tibial posterior proximal, dpta (distal posterior tibial artery): arteria tibial posterior distal, fa fibular artery: arteria peronea)

5.2. ESTUDIO ESTADÍSTICO:

Para el análisis estadístico se han utilizado los programas estadísticos SPSS versión 19 (<http://www-01.ibm.com/software/es/analytics/spss/>) y R (<http://cran.r-project.org/>).

De cada extremidad se ha analizado el porcentaje de presencia de cada patrón, por lado y sexo, el diámetro, longitud media, intervalo de confianza para el diámetro y longitud promedio y rango de la arteria tibial posterior proximal, y para el diámetro de las arterias poplítea, tibial anterior, tibial posterior distal y peronea.

Se ha realizado un análisis multivariante en el que se ha analizado:

1. La aparición de los diferentes patrones de bifurcación terminal descritos y la existencia de diferencias significativas según su aparición por sexo y lado del cadáver.
2. La existencia de diferencias significativas entre la aparición de un patrón de bifurcación en una extremidad y el encontrado en la contralateral.
3. La existencia de diferencias significativas según la referencia con respecto del músculo poplíteo según el sexo y el lado del cadaver.
4. La existencia de diferencias significativas entre el diámetro de las arterias poplítea, tibial anterior, tibial posterior distal y peronea, según el sexo y el lado del cadaver.
5. La existencia de diferencias significativas entre el diámetro y longitud de la arteria tibial posterior proximal según el sexo y el lado del cadaver.

Para las hipótesis planteadas se ha recurrido a las siguientes pruebas:

- Estadísticos descriptivos: media, mediana, moda, desviación típica, máximo-mínimo, rango y percentiles para variables cuantitativas; frecuencias absolutas y porcentajes para variables cualitativas.
- Pruebas estadísticas:
 - Kolmogorov-Smirnov para una muestra: esta prueba trata de determinar la distribución normal de diferentes variables.
 - Levene: prueba para determinar la homogeneidad de varianzas grupales dados determinados valores de una variable.
 - ANOVA: para constatar la existencia de diferencias significativas por sexo y lado de las medidas de las arterias poplítea, tibial y peronea en aquellas variables que cumplen los supuestos de homogeneidad y normalidad.
 - Test de Duncan y Scheffé: para determinar, mediante comparaciones múltiples, para qué subgrupos (lado, sexo) existen diferencias significativas.
 - Test t student de comparación de medias: para determinar si existen diferencias significativas entre el promedio de dos grupos.
 - Regresión lineal múltiple.
 - Análisis factorial.

De cara a la interpretación de los datos, se tendrá en cuenta que los datos estadísticamente significativos serán indicados por un asterisco (*) en caso de que el nivel de significación sea $p < 0,05$ y por dos asteriscos (**) en caso de $p < 0,01$.

A continuación presentamos una breve descripción de los test y diseños estadísticos empleados.

Test de Levene:

Con el test de Levene, contrastamos:

- hipótesis (que llamamos hipótesis nula): la varianza del nivel 1 es igual a la varianza del nivel 2
- alternativa: son diferentes.

Cuando asumimos un nivel de confianza $(1-\alpha)$ del 95% (es equivalente a nivel de significación $\alpha=5$) asumimos que el 5% podemos errar en la conclusión de asumir o rechazar la hipótesis nula.

En las tablas, si la significación es menor que 0.05 (el umbral lo hemos fijado en $\alpha=0.05$) entonces rechazamos la hipótesis nula y por tanto, asumimos como cierta la alternativa.

Si por el contrario, si la significación es mayor que 0.1 (el umbral lo hemos fijado en $\alpha=0.05$) entonces asumimos como cierta la hipótesis nula. Cuanto más cercano a 1, mas nos lleva a asumir la hipótesis nula.

Si la significación está entre 0.05 y 0.1, decimos que el test no es concluyente y deberían tomarse más datos.

Si asumimos que las varianzas son iguales, significa que los valores en el nivel 1 y el nivel 2 tiene la misma variabilidad.

Test de Kolmogorov Smirnov

Con esta prueba, contrastamos:

- hipótesis (que llamamos hipótesis nula): Los datos se distribuyen como una distribución normal
- alternativa: los datos se distribuyen de otra forma.

Análisis factorial

Aplicando un análisis factorial a las respuestas de los sujetos se pueden encontrar grupos de variables con significado común y conseguir de este modo reducir el número de dimensiones necesarias para explicar las respuestas de los sujetos. El Análisis Factorial es, por tanto, una técnica de reducción de la dimensionalidad de los datos. Su propósito último consiste en buscar el número mínimo de dimensiones capaces de explicar el máximo de información contenida en los datos.

A diferencia de lo que ocurre en otras técnicas como el análisis de varianza o el de regresión, en el análisis factorial todas las variables del análisis cumplen el mismo papel: todas ellas son independientes en el sentido de que no existe a priori una dependencia conceptual de unas variables sobre otras.

El objetivo es reducir p variables de una base de datos en k nuevas variables, que formaremos con las variables originales. Estas nuevas variables recibirán el nombre de factores (combinaciones lineales de las variables originales, que representan la información común que comparten). El nuevo espacio formado por los k factores, permitirá establecer relaciones entre ellas y en algunos casos detectar variables irrelevantes o redundantes.

6. RESULTADOS

Se ha realizado la disección de 260 fosas poplíteas de extremidades inferiores correspondientes a 130 cadáveres. En 130 casos (50%) se trataba de especímenes izquierdos y en 130 casos (50%) eran especímenes derechos.

De las 260 extremidades, en 17 de ellas se encontraban todas o alguna de las arterias estudiadas seccionadas tras la disección, por lo que no fueron incluidas en el estudio del patrón de división terminal de la arteria poplítea.

6.1. PATRÓN DE DIVISIÓN TERMINAL DE LA ARTERIA POPLÍTEA:

La tabla 1 muestra las frecuencias observadas de cada uno de los patrones de división terminal de la arteria poplítea en la muestra de cadáveres analizados. En 17 cadáveres, se encontraban las arterias cortadas.

PATRON

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Perdidos		17	6,5		6,5
Válidos	1	230	88,5	94,7	95,0
	2.a	4	1,5	1,6	96,5
	2.b	2	,8	,8	97,3
	2.c	2	,8	,8	98,1
	3	5	1,9	2,0	100,0
	Total	260	100,0	100,0	

Tabla 1 Frecuencias observadas de los patrones de configuración de la división terminal de la arteria poplítea

Los patrones encontrados fueron fotografiados y se exponen en las figuras a continuación

(Figura 10 – Figura 15):

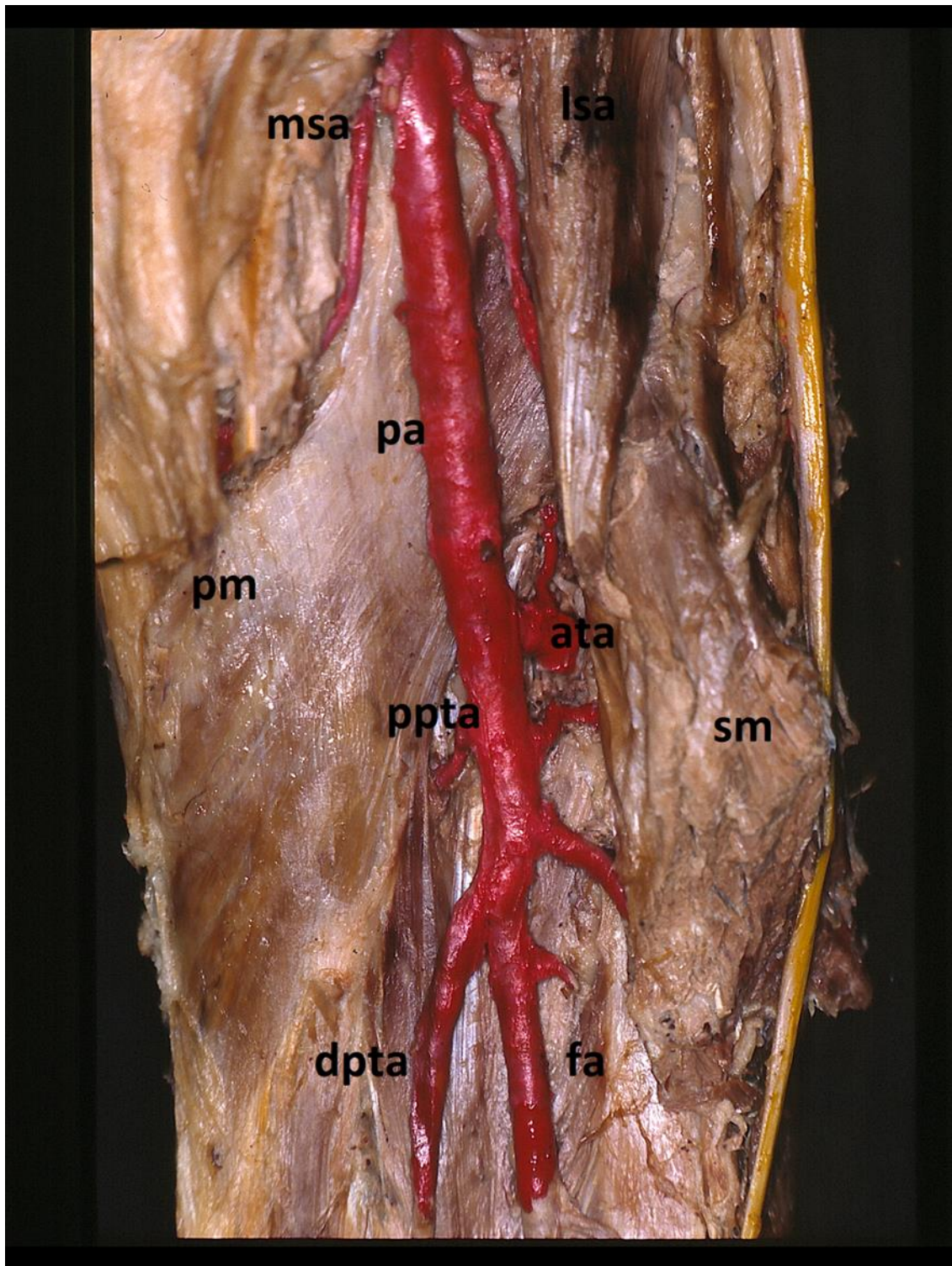


Figura 10 Patrón de división terminal 1: configuración clásica. División de la arteria poplítea (pa:popliteal artery), a nivel del borde inferior del músculo poplíteo (pm: popliteal muscle), en arteria tibial anterior (ata: anterior tibial artery) y arteria tibial posterior proximal (ppta: proximal posterior tibial artery). La arteria peronea (fa: fibular artery) se origina de la ppta distal a la bifurcación de la pa, y la ppta se continúa entonces como arteria tibial posterior distal (dpta: distal posterior tibial artery). El músculo sóleo (sm: soleus muscle) ha sido seccionado para visualizar esta región anatómica. Las arterias surales medial (sma sural medial artery) y lateral (lsa: lateral sural artery) son ramas colaterales de la pa.

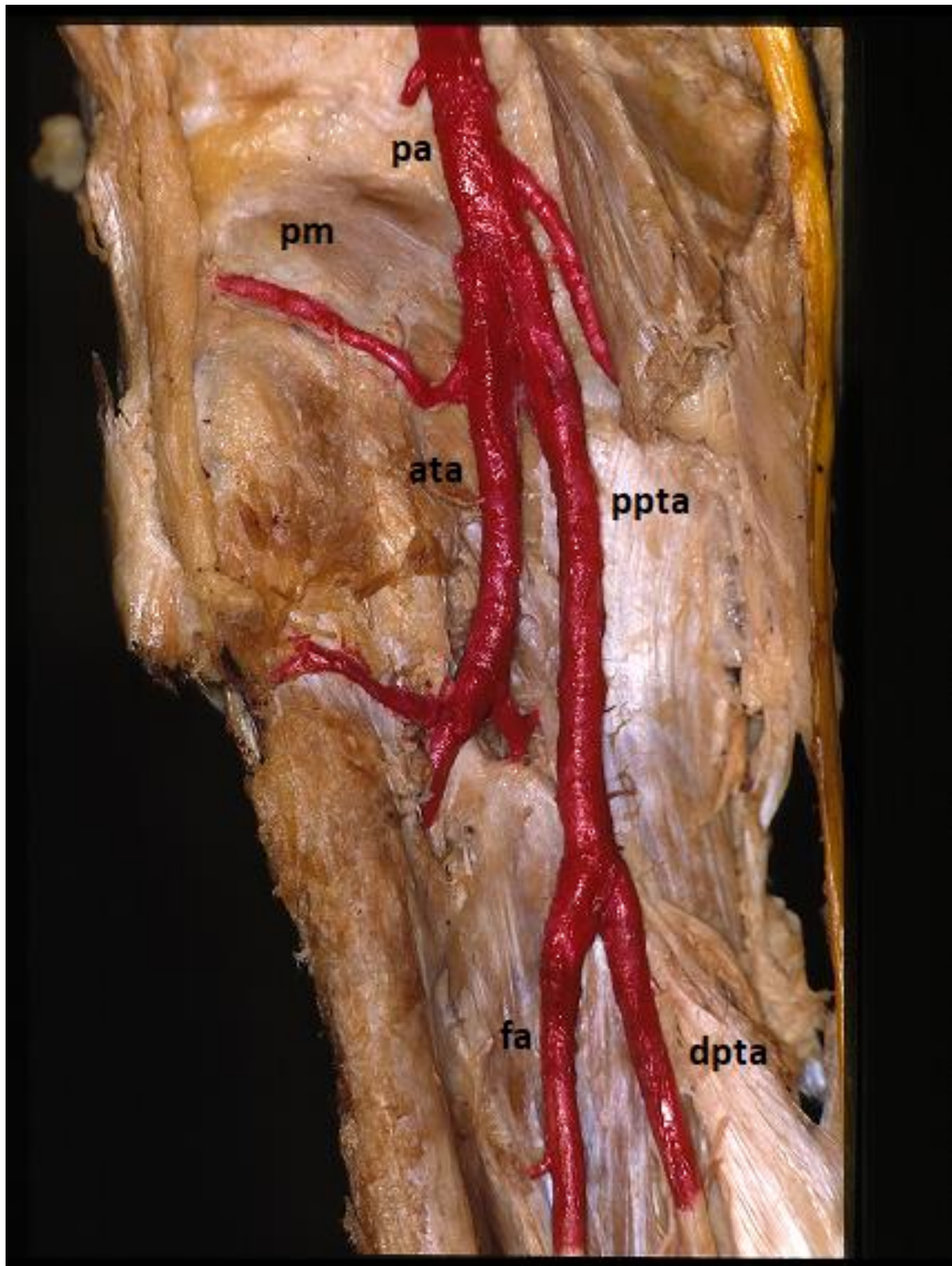


Figura 11 Patrón de división terminal 2a: bifurcación alta, a nivel del borde proximal del músculo poplíteo (pm: popliteal muscle). La arteria poplíteo (pa: popliteal artery) se bifurca en arteria tibial anterior (ata: anterior tibial artery) y arteria tibial posterior proximal (ppta: proximal posterior tibial artery). La ata discurre por la cara posterior del pm. La arteria peronea (fa: fibular artery) nace de la ppta algo distal a la bifurcación poplíteo. La arteria tibial posterior distal (dpta: distal posterior tibial artery) es continuación de la ppta una vez originada la fa.

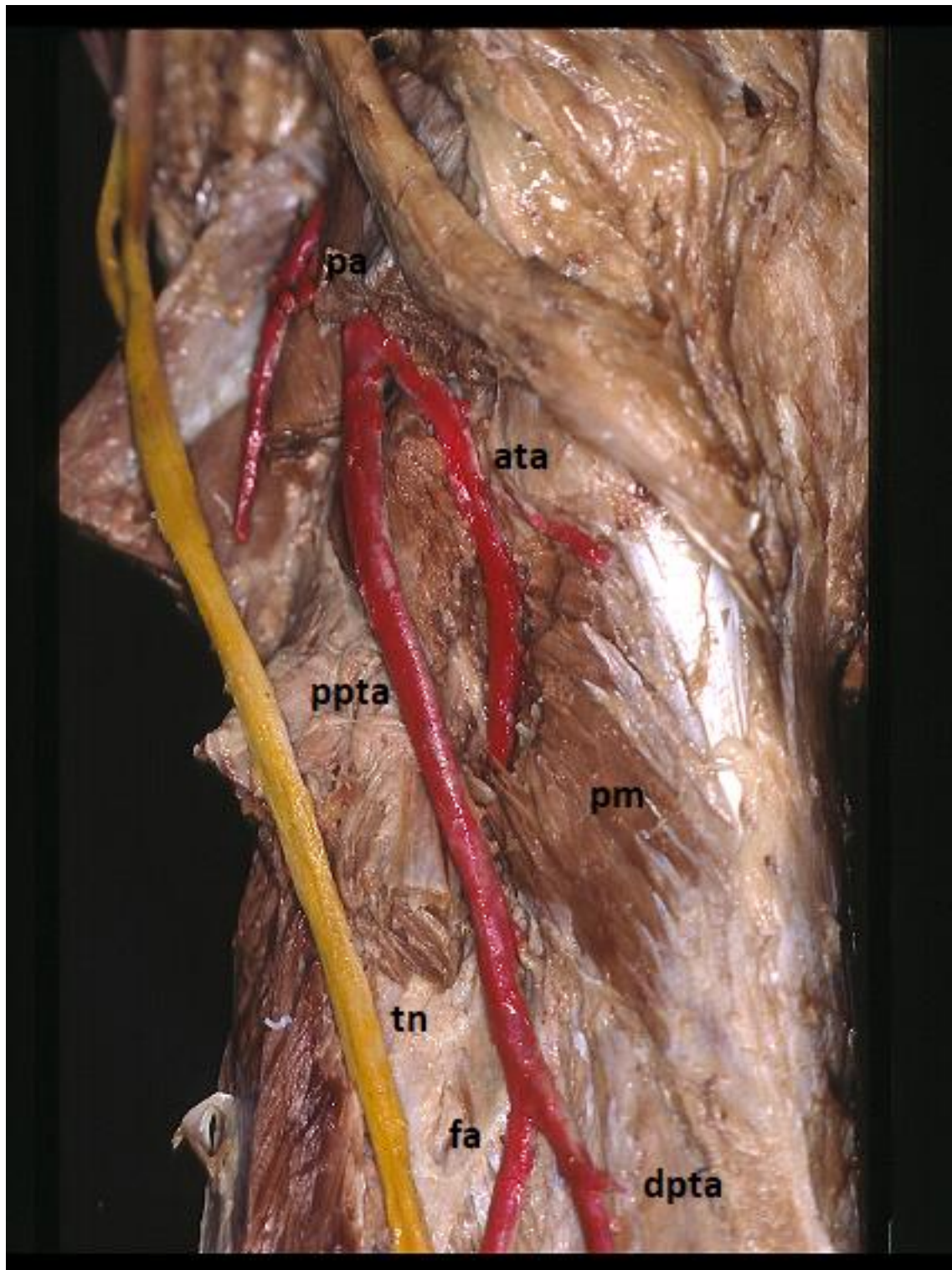


Figura 12 Patrón de división terminal 2b: bifurcación alta, a nivel del borde proximal del músculo poplíteo (pm: popliteal muscle). La arteria poplíteo (pa: popliteal artery) se bifurca en arteria tibial anterior (ata: anterior tibial artery) y arteria tibial posterior proximal (ppta: proximal posterior tibial artery). La ata discurre por la cara anterior del pm, que ha sido seccionado para poder visualizarla. La arteria peronea (fa: fibular artery) nace de la ppta algo distal a la bifurcación poplíteo. El músculo sóleo ha sido seccionado para visualizar esta región anatómica. El nervio tibial (tn: tibial nerve) discurre por esa misma región anatómica.

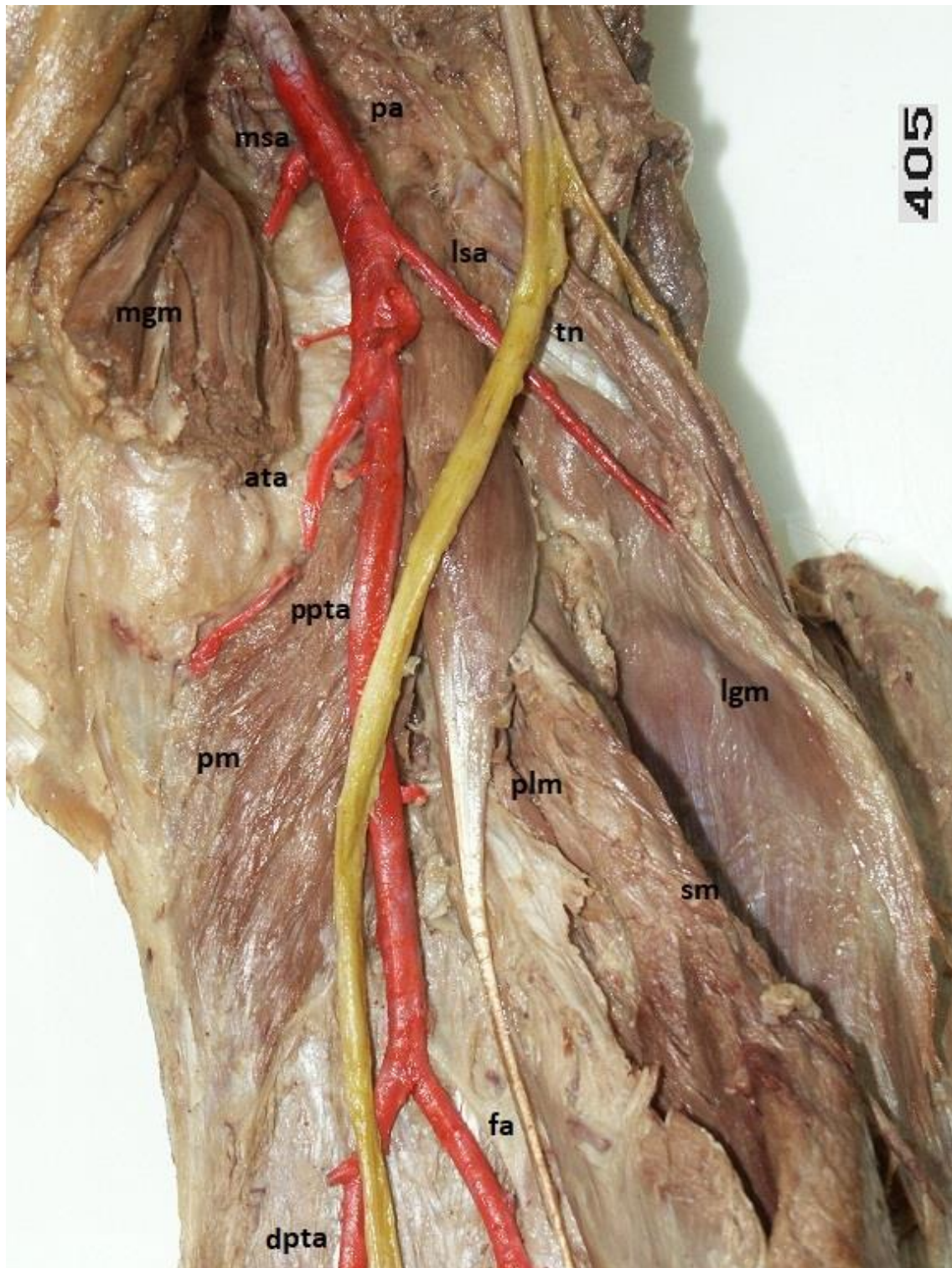


Figura 13 *Patrón de división terminal 2b: bifurcación alta, a nivel del borde proximal del músculo poplíteo (pm: popliteal muscle). La arteria poplíteo (pa: popliteal artery) se bifurca en arteria tibial anterior (ata: anterior tibial artery) y arteria tibial posterior proximal (ppta: proximal posterior tibial artery). La ata discurre por la cara anterior del pm. La arteria peronea (fa: fibular artery) nace de la ppta algo distal a la bifurcación poplíteo. El músculo sóleo (sm: soleus muscle) y gastrocnemio medial (mgm: medial gastrocnemius muscle)) han sido seccionados, y el gastrocnemio lateral (lgm: lateral gastrocnemius muscle) reclinado, para visualizar esta región anatómica. Las arterias surales medial (msa: medial sural artery) y lateral (lsa: lateral sural artery), son ramas colaterales de la pa. El nervio tibial (tn: tibial nerve) y el músculo plantar (plm: plantaris muscle), recorren esta región anatómica.*

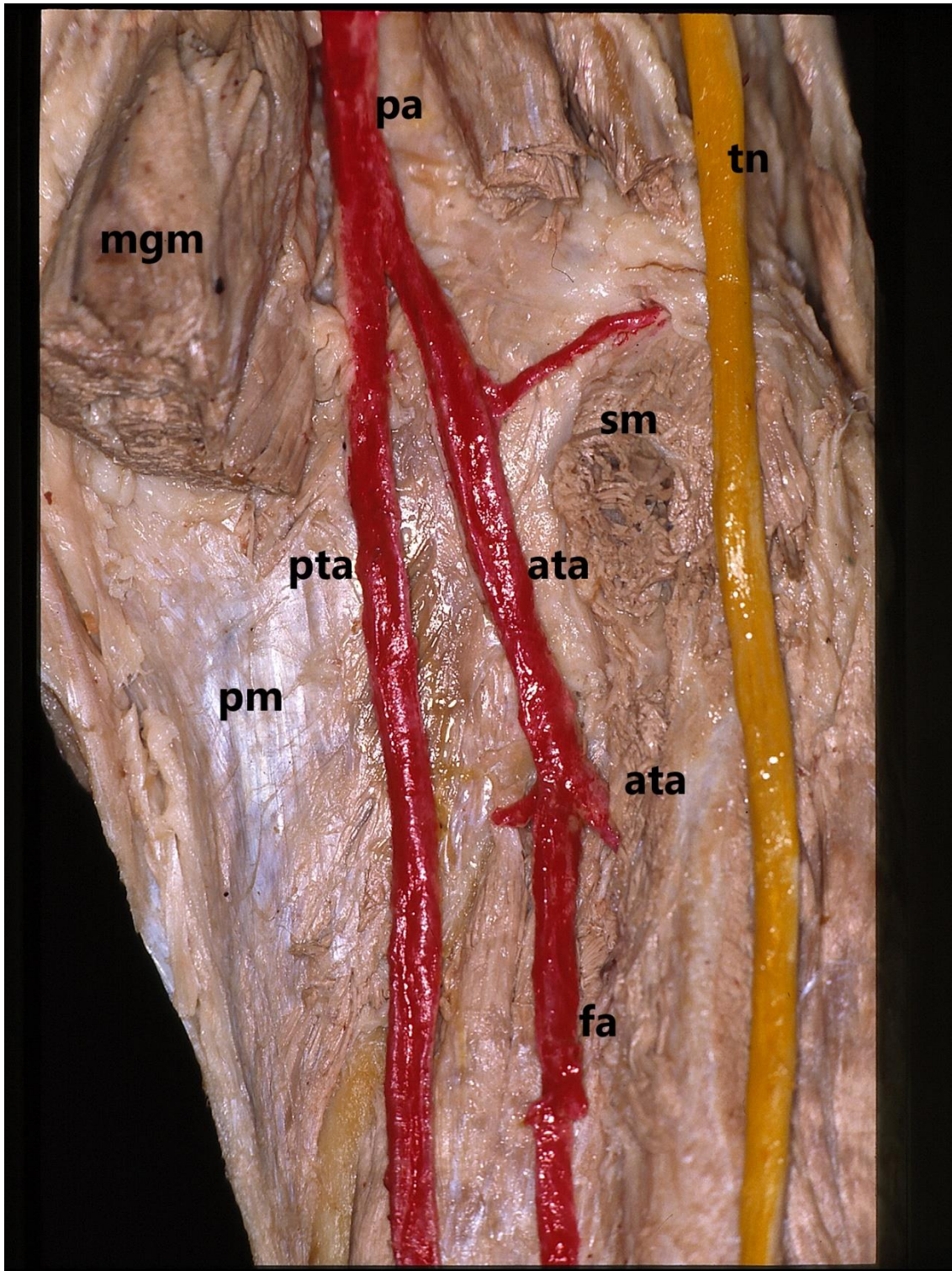


Figura 14 *Patrón de división terminal 2c: bifurcación alta, a nivel del borde proximal del músculo poplíteo (pm: popliteal muscle). La arteria poplíteo (pa: popliteal artery) se bifurca en arteria tibial anterior (ata: anterior tibial artery) y arteria tibial posterior (pta: posterior tibial artery). La ata discurre por la cara posterior del pm. La arteria peronea (fa: fibular artery) nace de la ata algo distal a la bifurcación poplíteo. El músculo sóleo (sm: soleus muscle) y el gastrocnemio medial (mgm: medial gastrocnemius muscle) han sido seccionados para visualizar esta región anatómica. El nervio tibial (tn: tibial nerve) discurre por el hueco poplíteo.*

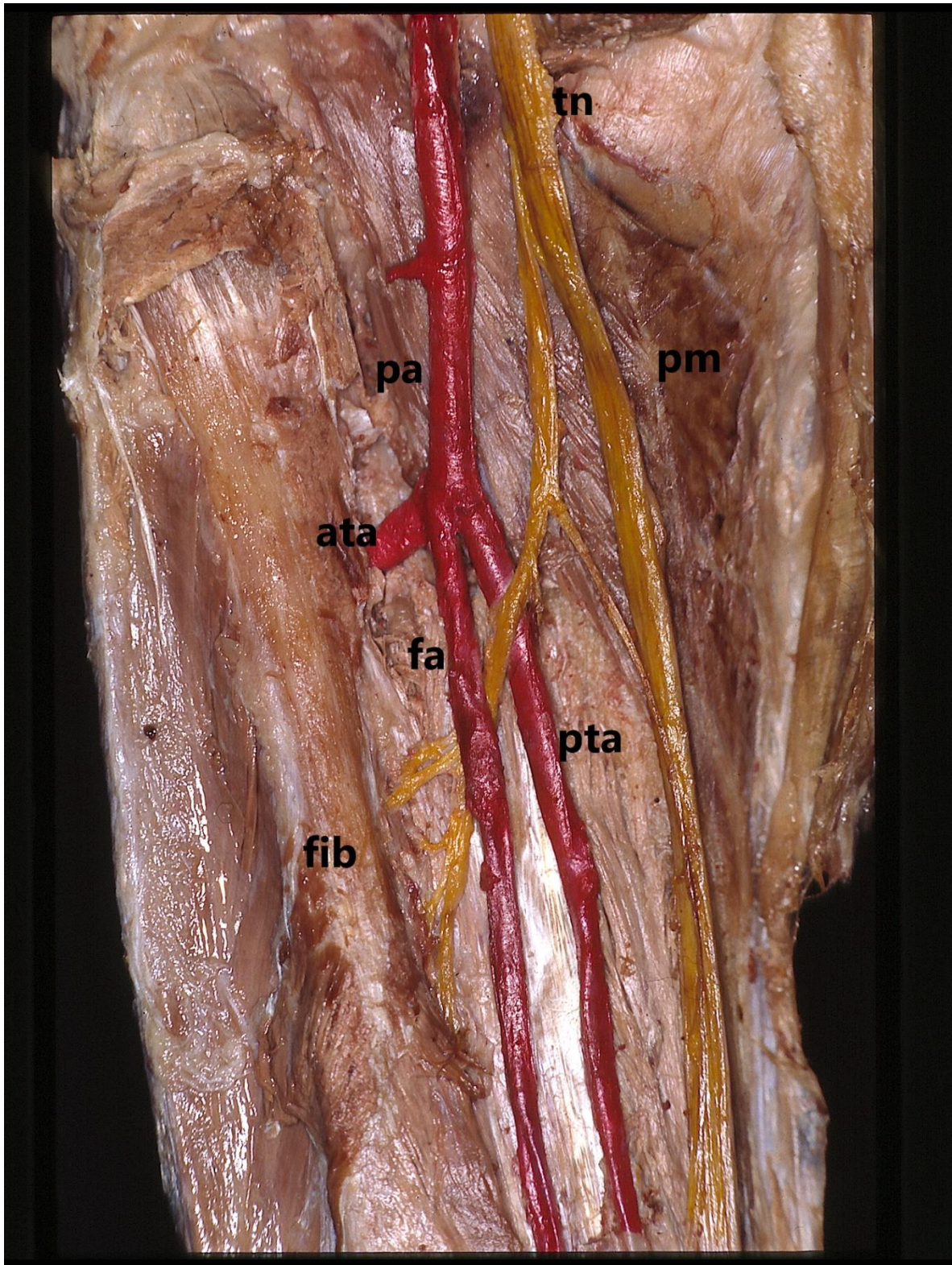


Figura 15 Patrón de división terminal 3: trifurcación de la arteria poplítea (pa: popliteal artery), a nivel del borde distal del músculo poplíteo (pm: popliteal muscle). La pa se divide en arteria tibial anterior (ata: anterior tibial artery), arteria peronea (fa: fibular artery) y arteria tibial posterior (pta: posterior tibial artery). La ata cruza al compartimento anterior de la pierna a nivel proximal del peroné (fib: fibula)

En los casos en los que se detectó una configuración distinta al patrón habitual o patrón 1, se midieron la longitud y el diámetro de la arteria tibial posterior proximal. La Tabla 2 muestra los resultados de las medidas. No se han calculado los estadísticos descriptivos, por ser una muestra de tamaño muy pequeña.

Patrón Arteria tibial posterior proximal

	Longitud	Diámetro
2.a	9.5	0.5
	10	-
	10.5	-
2.b	4.7	0.5
	6.2	0.3
2.c	5.3	0.4
	6.2	0.4
3	-	-

Tabla 2 Longitud y diámetro de la arteria tibial posterior proximal en configuraciones observadas distintas al patrón habitual de división terminal de la arteria poplítea.

6.2. SIMETRÍA DE LOS PATRONES DE LA DIVISIÓN TERMINAL DE LA ARTERIA POPLÍTEA:

Fueron encontrados en una muestra de 243 extremidades, 13 casos con un patrón de división terminal de la arteria poplítea distinto al patrón 1 o patrón habitual (5,3%).

De estos 13 casos encontrados, 8 de ellos fueron bilaterales; pertenecían a 4 cadáveres, 2 hombres y 2 mujeres. En nuestra muestra, la variabilidad anatómica a este nivel fue bilateral en el 61,54% de los casos.

Analizando los 8 casos bilaterales, encontramos en 4 ocasiones, es decir, en 2 especímenes, que la variable anatómica que aparecía era la misma. En un caso fue un patrón 2a y en el otro un 2b. En los otros 4 casos, las variables encontradas no fueron simétricas, sino que se encontró en ambos casos un patrón 2c en una extremidad y un patrón 3 en la contralateral. Por lo tanto, cuando se presentaba una variable anatómica bilateral, ésta era la misma variable en el 50% de las ocasiones.

Si un espécimen presentaba una variable anatómica en una extremidad, la frecuencia de aparición del patrón habitual de bifurcación en la extremidad contralateral era del 38,46%, mientras que la frecuencia de aparición de una variable distinta al patrón habitual fue del 61,54%.

Cuándo en un cadáver encontramos una extremidad con un patrón habitual de bifurcación, la frecuencia de aparición de una variable anatómica en la extremidad contralateral fue del 5,37%.

6.3. REFERENCIA CON RESPECTO AL MÚSCULO POPLÍTEO:

En un 96,7% (235) de los casos analizados, el origen de la arteria tibial anterior respecto del musculo poplíteo se situaba a nivel del borde inferior de este músculo o distal a él. En un 50,2% (118) de los casos se trataba de especímenes femeninos y un 48,5% (114) correspondían al lado derecho. En un 3.3% (8) de los casos analizados, el origen de la arteria tibial anterior respecto del musculo poplíteo se situaba proximal borde inferior de éste. En un 50% (4) de los casos se trataba de especímenes femeninos y un 50% (4) correspondían al lado derecho. (Anexo: Tabla A- 1, Tabla A- 2 y Tabla A- 3).

6.4. DISTANCIA DE ORIGEN DE LA ARTERIA TIBIAL ANTERIOR CON REFERENCIA AL MÚSCULO POPLÍTEO:

Dimos un valor “0” cuando el origen de la arteria tibial anterior era a nivel del borde inferior del músculo poplíteo, y un valor positivo medido en cm cuándo esta arteria se originaba proximal a esta referencia.

En 3,25% (8) de los cadáveres analizados, la distancia del origen de la arteria tibial anterior con referencia del borde inferior del músculo poplíteo fue estrictamente positiva. En dichos casos, la distancia media fue de 3,82cm con una desviación típica de 1,534cm.

6.5. DIÁMETROS DE LAS ARTERIAS:

6.5.1. Diámetro de la arteria poplítea:

El diámetro medio fue de 0.61 cm con una desviación típica de 0.131 cm. El rango de variación para el diámetro de la arteria poplítea fue de [0.3cm, 1.1cm] y eliminando el 5% de los datos menores y el 5% de los datos mayores, el rango de variación fue de [0.4cm, 0.8cm] (Anexo: Tabla A- 4). El gráfico de cajas indica la presencia de datos anómalos en los cadáveres 462 (derecho), 379 (izquierdo), 453 (izquierdo), 475 (izquierdo) y UCM15 (derecho) debido a que su diámetro es mayor a lo esperado (Véase Figura 16). El histograma de frecuencias presenta una distribución asimétrica (Véase Figura 17). El contraste de normalidad de Kolmogorov-Smirnov rechaza la hipótesis de normalidad (p-valor ≈ 0). (Anexo: Tabla A- 5). El intervalo de confianza al 95% para el promedio del diámetro de la arteria poplítea es de $IC_{95\%}(\bar{X})=[0.59;0.62]$.

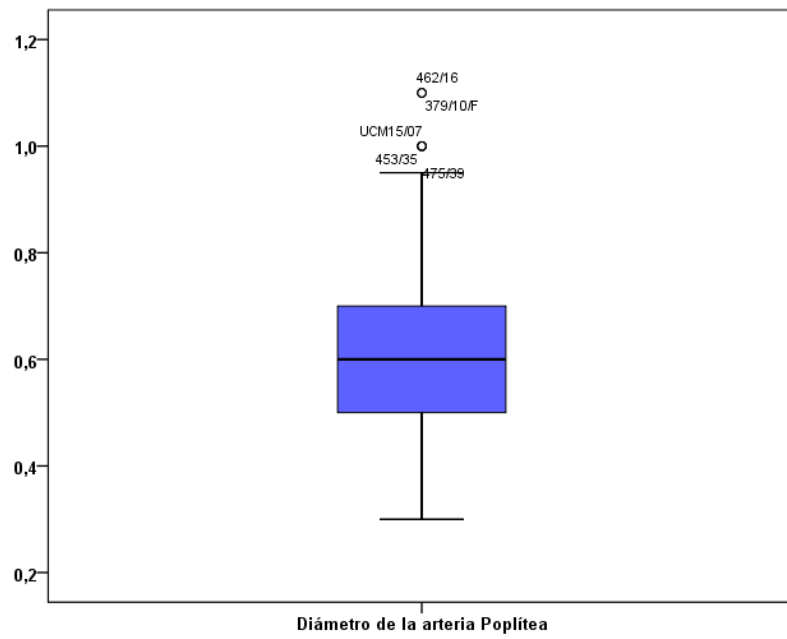


Figura 16 Gráfico de cajas del diámetro de la arteria poplítea

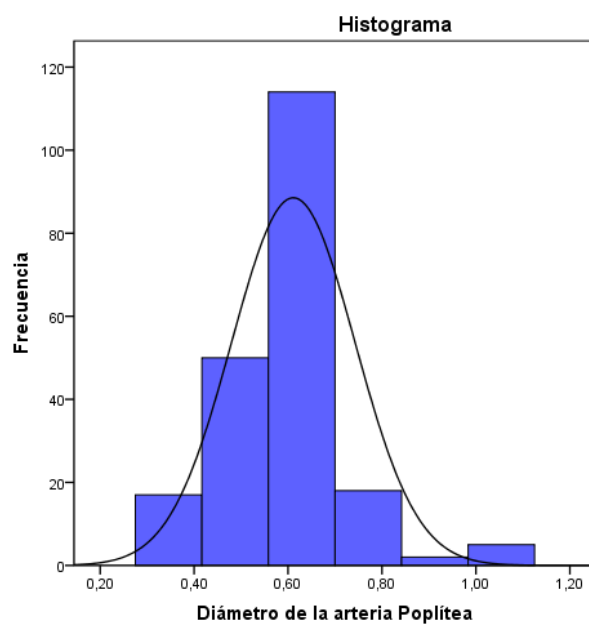


Figura 17 Histograma de frecuencias del diámetro de la arteria poplítea

6.5.2. Diámetro de la arteria tibial anterior:

El diámetro medio fue de 0.46 cm con una desviación típica de 0.115 cm. El rango de variación para el diámetro de la arteria tibial anterior fue de [0.1cm, 0.9cm] y eliminando el 5% de los datos menores y el 5% de los datos mayores, el rango de variación fue de [0.3cm, 0.7cm] (Anexo: Tabla A- 6). El gráfico de cajas indica la presencia de datos anómalos en los cadáveres UCM13 (derecho), 456 (derecho), y UCM15 (derecho e izquierdo) y aberrantes en los cadáveres 391 (derecho e izquierdo) y 389 (derecho e izquierdo) debido a que su diámetro es mayor a lo esperado (Véase Figura 18). El histograma de frecuencias presenta una distribución más apuntada de lo normal (Véase Figura 19). El contraste de normalidad de Kolmogorov-Smirnov rechaza la hipótesis de normalidad (p-valor ≈ 0). (Anexo: Tabla A- 7). El intervalo de confianza al 95% para el promedio del diámetro de la arteria tibial anterior es de $IC_{95\%}(\bar{O})=[0.446;0.478]$.

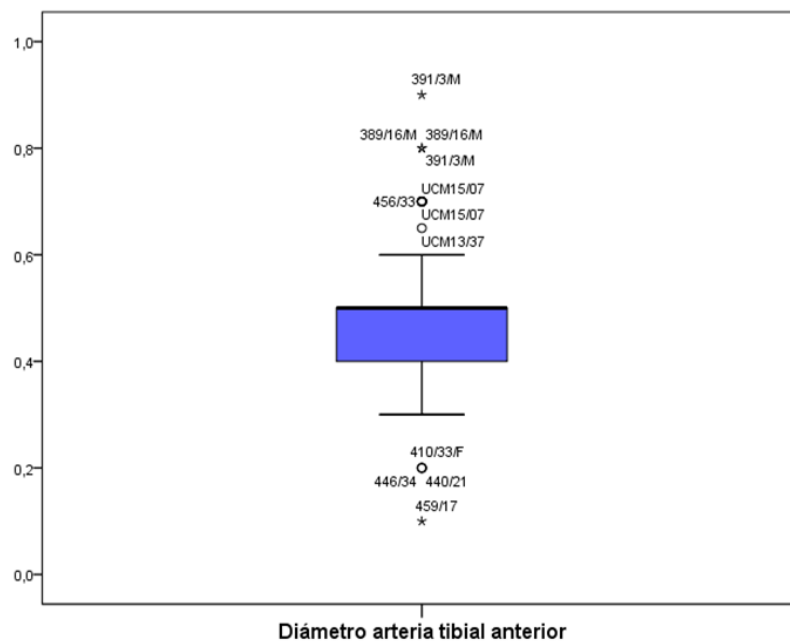


Figura 18 Gráfico de cajas del diámetro de la arteria tibial anterior

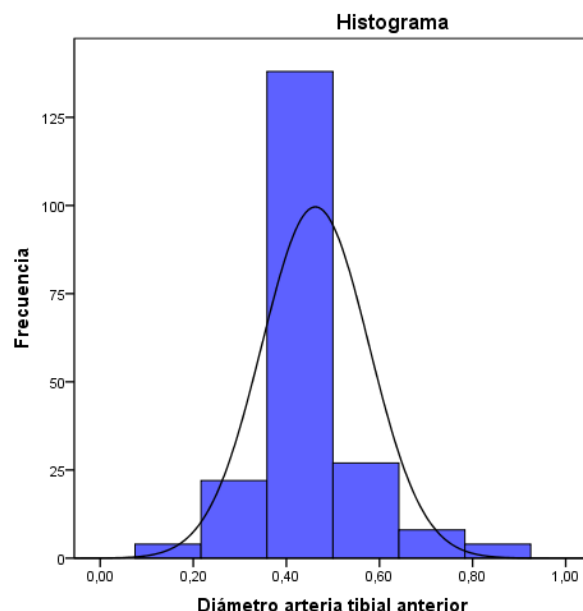


Figura 19 Histograma de frecuencias del diámetro de la arteria tibial anterior

6.5.3. Diámetro de la arteria tibial posterior distal:

El diámetro medio fue de 0.31 cm con una desviación típica de 0.092 cm. El rango de variación para el diámetro de la arteria tibial posterior distal fue de [0.15cm, 0.6cm] y eliminando el 5% de los datos menores y el 5% de los datos mayores, el rango de variación fue de [0.2cm, 0.5cm] (Anexo: Tabla A- 8). El gráfico de cajas no detecta la presencia de datos anómalos (Véase Figura 20). El histograma de frecuencias presenta una distribución más apuntada de lo normal (Véase Figura 21). **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** El contraste de normalidad de Kolmogorov-Smirnov rechaza la hipótesis de normalidad (p-valor ≈ 0). (Anexo: Tabla A- 9). El intervalo de confianza al 95% para el promedio del diámetro de la arteria tibial posterior distal es de $IC_{95\%}(\bar{X}) = [0.303; 0.328]$.

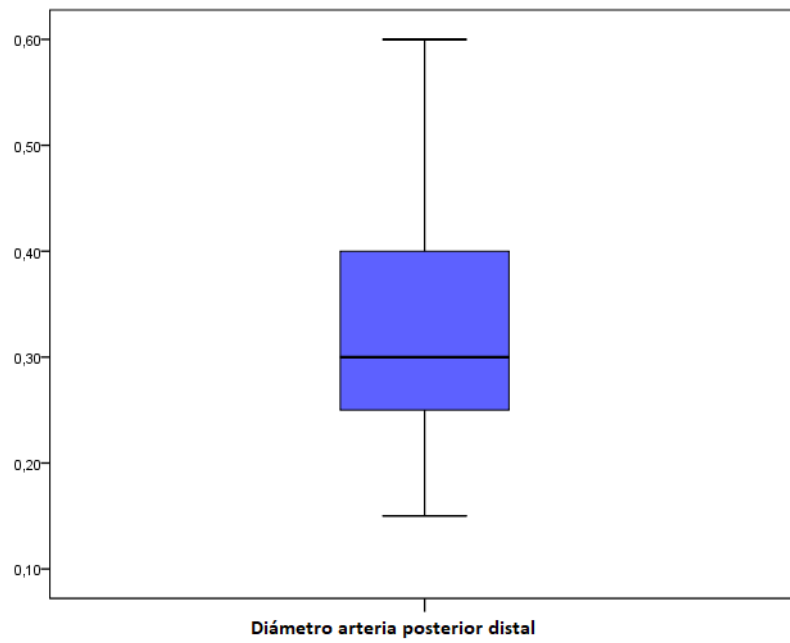


Figura 20 Gráfico de cajas del diámetro de la arteria tibial posterior distal

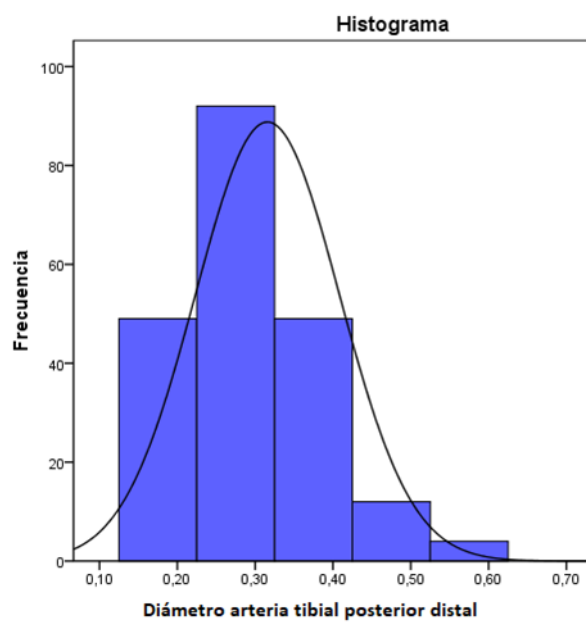


Figura 21 Histograma de frecuencias del diámetro de la arteria tibial posterior distal

6.5.4. Diámetro de la arteria peronea:

El diámetro medio fue de 0.33 cm con una desviación típica de 0.092 cm. El rango de variación para el diámetro de la arteria peronea fue de [0.2cm, 0.8cm] y eliminando el 5% de los datos menores y el 5% de los datos mayores, el rango de variación fue de [0.2cm, 0.5cm] (Anexo: Tabla A- 10). El gráfico de cajas indica la presencia de datos anómalos en los cadáveres 396 (izquierdo), 415 (izquierdo), 480 (derecho), y 419 (izquierdo) y aberrante en el cadáver 391 (izquierdo) debido a que su diámetro es mayor a lo esperado (Véase Figura 22). El histograma de frecuencias presenta una distribución asimétrica (Véase Figura 23). El contraste de normalidad de Kolmogorov-Smirnov rechaza la hipótesis de normalidad (p-valor ≈ 0). (Anexo: Tabla A- 11). El intervalo de confianza al 95% para el promedio del diámetro de la arteria peronea es de $IC_{95\%}(\bar{X})=[0.319;0.344]$.

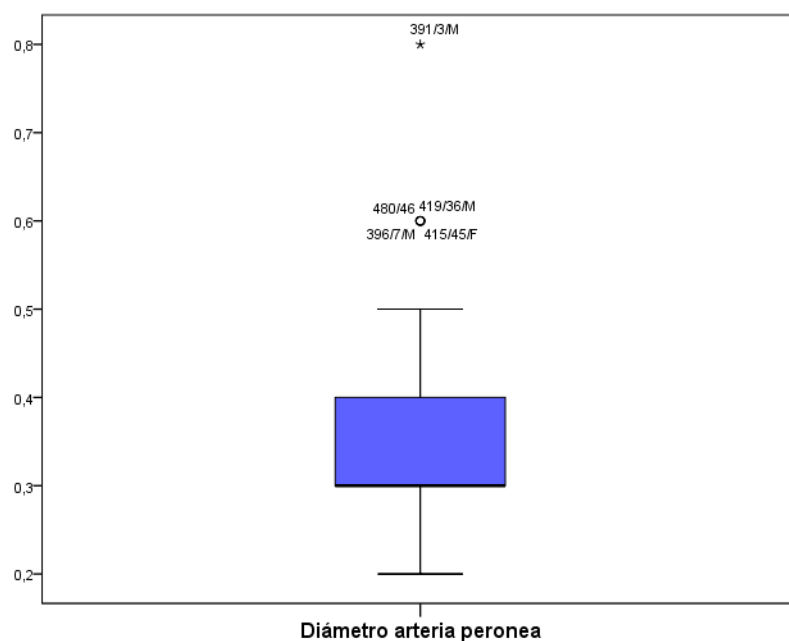


Figura 22 Gráfico de cajas del diámetro de la arteria peronea

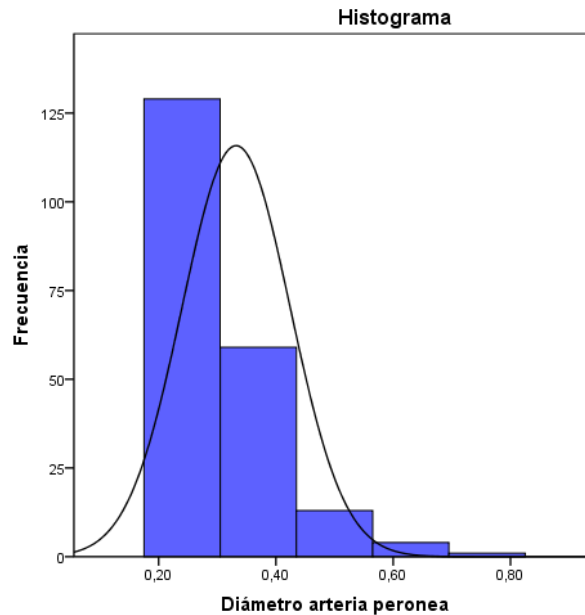


Figura 23 Histograma de frecuencias del diámetro de la arteria peronea.

6.5.5. Diámetro de la arteria tibial posterior proximal:

El diámetro medio fue de 0.48 cm con una desviación típica de 0.102 cm. El rango de variación para el diámetro de la arteria tibial posterior proximal fue de [0.3cm, 0.8cm] y eliminando el 5% de los datos menores y el 5% de los datos mayores, el rango de variación fue de [0.33cm, 0.7cm] (Anexo: Tabla A- 12). El gráfico de cajas indica la presencia de datos anómalos en los cadáveres 461 (derecho), 463 (izquierdo), 453 (izquierdo), y UCM15 (derecho e izquierdo) y aberrantes en los cadáveres 480 (derecho), 374 (derecho) y 419 (derecho) debido a que su diámetro es mayor a lo esperado (Véase Figura 24). El histograma de frecuencias presenta una distribución asimétrica (Véase Figura 25). El contraste de normalidad de Kolmogorov-Smirnov rechaza la hipótesis de normalidad (p -valor ≈ 0). (Anexo: Tabla A- 13). El intervalo de confianza al 95% para el promedio del diámetro de la arteria posterior proximal es de $IC_{95\%}(\bar{X}) = [0.47; 0.50]$.

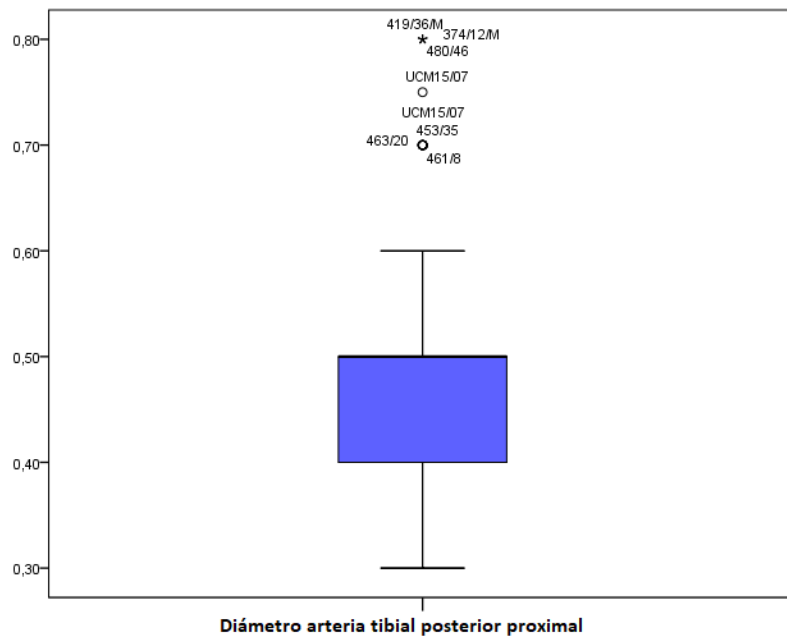


Figura 24 Gráfico de cajas del diámetro de la arteria tibial posterior proximal

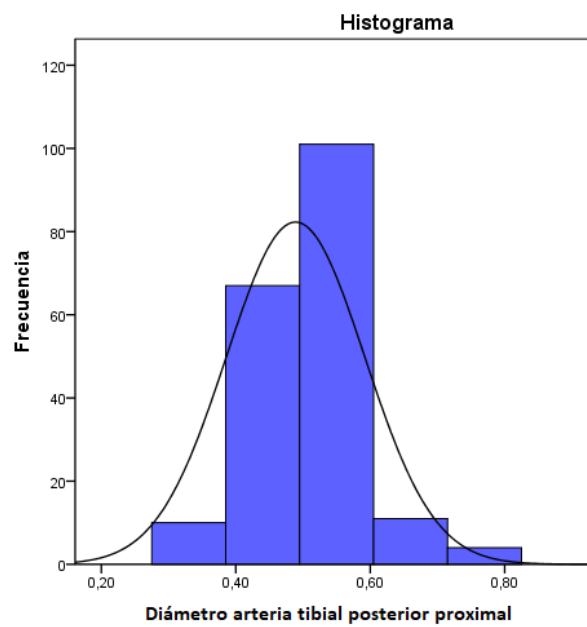


Figura 25 Histograma de frecuencias del diámetro de la arteria tibial posterior proximal

6.6. LONGITUD DE LA ARTERIA TIBIAL POSTERIOR PROXIMAL:

La longitud media fue de 2.87 cm con una desviación típica de 1.36 cm. El rango de variación para la longitud de la arteria tibial posterior proximal fue de [0cm, 9cm] y eliminando el 5% de los datos menores y el 5% de los datos mayores, el rango de variación fue de [0.7cm, 5cm] (Anexo: Tabla A- 14). El gráfico de cajas indica la presencia de datos anómalos en los cadáveres 333 (izquierdo), 332 (izquierdo) y 323 (derecho e izquierdo) y aberrante en el cadáver 393 (derecho) debido a que su longitud es mayor a lo esperado (Véase Figura 26). El histograma de frecuencias presenta una distribución asimétrica (Véase Figura 27). El contraste de normalidad de Kolmogorov-Smirnov asume la hipótesis de normalidad (p-valor =0.47). (Anexo: Tabla A- 15). El intervalo de confianza al 95% para el promedio del diámetro de la arteria tibial posterior proximal es de IC95%(○)=[2.69;3.05].

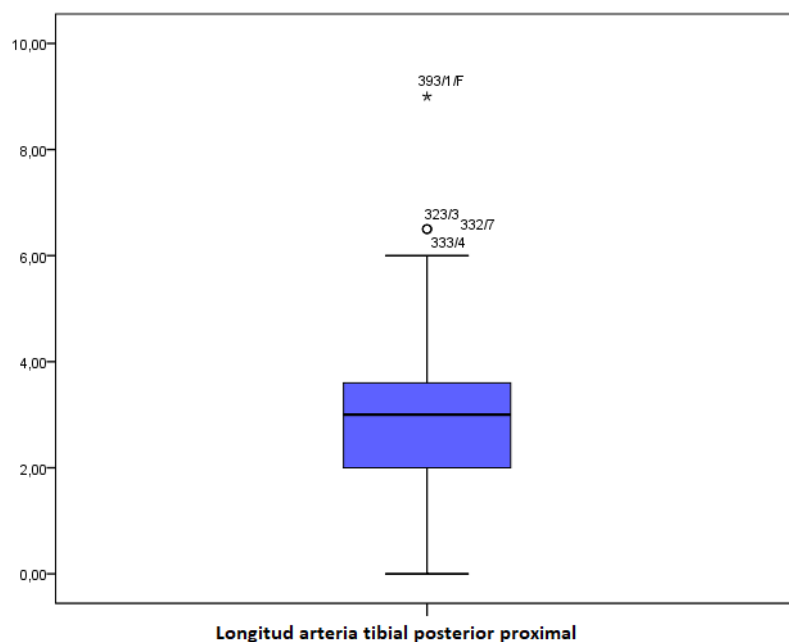


Figura 26 Gráfico de cajas de la longitud de la arteria tibial posterior proximal

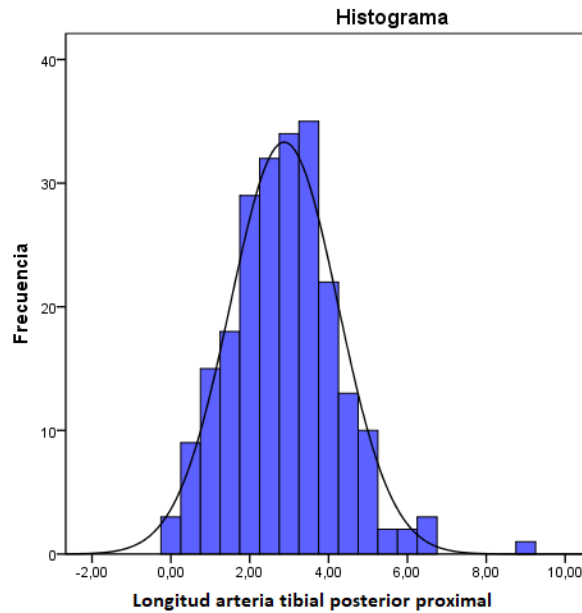


Figura 27 Histograma de frecuencias de la arteria tibial posterior proximal

6.7. ANÁLISIS MULTIVARIANTE:

Para conocer las posibles diferencias según el sexo y lado, diámetro y longitud de arteria tibial posterior proximal, diámetros de arterias poplítea, tibial anterior, tibial posterior distal y peronea, localización del origen de la bifurcación poplítea respecto del músculo poplíteo y el patrón de división de la arteria poplítea, se ha realizado un análisis multivariante.

6.7.1. Patrón – sexo y lado:

La siguiente tabla muestra el porcentaje de casos para hombres y mujeres según el patrón de división terminal de la arteria poplítea (Tabla 3). En el 89% de los casos en los que el cadáver correspondía a un hombre, las arterias poplíteas presentaban un patrón de tipo 1

versus el 88.7% de los casos correspondiente a cadáveres femeninos. En el 3.3% de los casos en los que el cadáver correspondía a un hombre, las arterias poplíteas presentaban un patrón de tipo 2 versus el 2.8% de los casos correspondiente a cadáveres femeninos. En el 1.7% de los casos en los que el cadáver correspondía a un hombre, las arterias poplíteas presentaban un patrón de tipo 3 versus el 1.4% de los casos correspondiente a cadáveres femeninos. El contraste de la chi-cuadrado (Tabla 4) muestra que no existen diferencias significativas (p-valor 0.661) entre hombres y mujeres respecto del patrón de división terminal de la arteria poplítea.

		Sexo			
		Hombre		Mujer	
		Recuento	% del N de la columna	Recuento	% del N de la columna
PATRON		7	5,9%	10	7,0%
1		105	89,0%	126	88,7%
2.a		3	2,5%	1	,7%
2.b		0	,0%	2	1,4%
2.c		1	,8%	1	,7%
3		2	1,7%	2	1,4%

Tabla 3 Tabla de contingencia del patrón de división terminal de la arteria poplítea según el sexo del cadáver y perfiles columna.

Pruebas de chi-cuadrado de Pearson

		Sexo
PATRON	Chi cuadrado	3,251
	Gl	5
	Sig.	,661 ^{a,b}

Tabla 4 Contraste de independencia del patrón de división terminal de la arteria poplítea según el sexo del cadáver.

La siguiente tabla muestra el porcentaje de casos para el lado derecho e izquierdo del cadáver según el patrón de división terminal de la arteria poplítea (Tabla 5). En el 91.5% de los casos en el lado izquierdo del cadáver, las arterias poplíteas presentaban un patrón de tipo 1 versus el 86.2% de los casos correspondientes al lado derecho. En el 3.1% de los casos en el lado izquierdo y derecho del cadáver, las arterias poplíteas presentaban un patrón de tipo 2. En el 1.5% de los casos en el lado izquierdo y derecho del cadáver, las arterias poplíteas presentaban un patrón de tipo 3. El contraste de la chi-cuadrado (Tabla 6) muestra que no existen diferencias significativas (p-valor 0.297) según el lado del cadáver respecto del patrón de división terminal de la arteria poplítea.

	Lado			
	Izquierdo		Derecho	
	Recuento	% del N de la columna	Recuento	% del N de la columna
PATRON	5	3,8%	12	9,2%
1	119	91,5%	112	86,2%
2.a	1	,8%	3	2,3%
2.b	1	,8%	1	,8%
2.c	2	1,5%	0	,0%
3	2	1,5%	2	1,5%

Tabla 5 Tabla de contingencia del patrón de división terminal de la arteria poplítea según el lado del cadáver y perfiles columna.

Pruebas de chi-cuadrado de Pearson

		Lado
PATRON	Chi cuadrado	6,094
	Gl	5
	Sig.	,297 ^{a,b}

Tabla 6 Contraste de independencia del patrón de división terminal de la arteria poplítea según el lado del cadáver.

6.7.2. Referencia con respecto del músculo poplíteo – sexo y lado:

La siguiente tabla muestra el porcentaje de casos para hombres y mujeres según el origen de la arteria tibial anterior respecto del musculo poplíteo (Tabla 7). En el 96.4% de los casos

en los que el cadáver correspondía a un hombre, la localización del origen de la arteria tibial anterior se situaba a nivel del borde inferior del músculo poplíteo o distal a él versus el 97% de los casos correspondiente a cadáveres femeninos. El contraste de la chi-cuadrado (Tabla 8) muestra que no existen diferencias significativas (p-valor 0.796) entre hombres y mujeres respecto a la localización del origen de la arteria tibial anterior respecto del musculo poplíteo.

		Origen de la arteria tibial anterior respecto al borde inferior del músculo poplíteo			
		Distal borde inferior		Proxmal borde inferior	
		Recuento	% de la fila	Recuento	% de la fila
Sexo	Hombre	108	96,4%	4	3,6%
	Mujer	130	97,0%	4	3,0%

Tabla 7 Tabla de contingencia de la localización del origen de la arteria tibial anterior respecto del musculo poplíteo según el sexo del cadáver y perfiles fila.

Pruebas de chi-cuadrado de Pearson

		Origen de la arteria tibial anterior respecto al borde inferior del músculo poplíteo
Sexo	Chi cuadrado	,067
	Gl	1
	Sig.	,796 ^a

Tabla 8 Contraste de independencia de la localización del origen de la arteria tibial anterior respecto del musculo poplíteo según el sexo del cadáver.

La siguiente tabla muestra el porcentaje de casos para el lado derecho e izquierdo del cadáver según el origen de la arteria tibial anterior respecto del musculo poplíteo (Tabla 9).

En el 96.8% de los casos en el lado izquierdo del cadáver, la localización del origen de la arteria tibial anterior se situaba a nivel del borde inferior del músculo poplíteo o distal a él versus el 96.7% de los casos correspondiente al lado derecho cadáveres. El contraste de la chi-cuadrado (Tabla 10) muestra que no existen diferencias significativas (p-valor 0.944) según el lado del cadáver respecto a la localización del origen de la arteria tibial anterior respecto del musculo poplíteo.

		Origen de la arteria tibial anterior respecto al borde inferior del músculo poplíteo			
		Debajo borde inferior		Encima borde inferior	
		Recuento	% de la fila	Recuento	% de la fila
Lado	Izquierdo	122	96,8%	4	3,2%
	Derecho	116	96,7%	4	3,3%

Tabla 9 Tabla de contingencia de la localización del origen de la arteria tibial anterior respecto del musculo poplíteo según el lado del cadáver y perfiles fila.

Pruebas de chi-cuadrado de Pearson

		Origen de la arteria tibial anterior respecto al borde inferior del músculo poplíteo
Lado	Chi cuadrado	,005
	Gl	1
	Sig.	,944 ^a

Tabla 10 Contraste de independencia de la localización del origen de la arteria tibial anterior respecto del musculo poplíteo según el lado del cadáver.

6.7.3. Diámetro de la arteria poplítea – sexo:

En el caso del diámetro de la arteria poplítea, la siguiente figura muestra el gráfico de cajas para hombres y mujeres (Veáse Figura 28). El promedio del diámetro de la arteria poplítea en hombres fue de 0.65cm con una desviación estándar de 0.13cm y para las mujeres de 0.57cm con una desviación estándar de 0.11cm. El contraste de igualdad de medias de la T-Student nos lleva a rechazar la hipótesis de igualdad de medias ($p\text{-valor} \approx 0$) siendo mayor el diámetro en hombres que en mujeres (Anexo: Tabla A- 16)

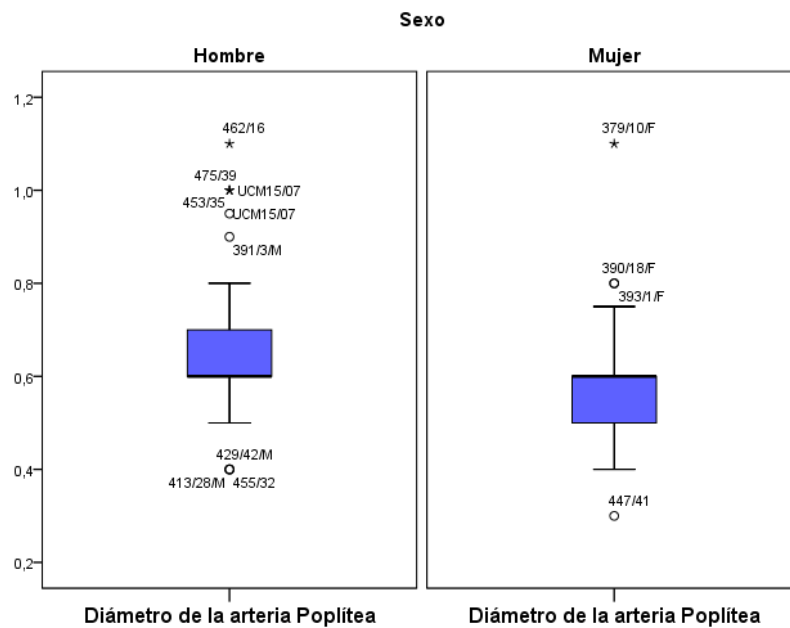


Figura 28 Gráfico de cajas del diámetro de la arteria poplítea según el sexo del cadáver

6.7.4. Diámetro de la arteria poplítea – lado:

En el caso del diámetro de la arteria poplítea, la siguiente figura muestra el gráfico de cajas para el lado derecho e izquierdo del cadáver (Véase Figura 29). El promedio del diámetro de la arteria poplítea para el lado derecho del cadáver fue de 0.60cm con una desviación estándar de 0.132cm y para el lado izquierdo del cadáver de 0.62cm con una desviación estándar de 0.129cm. El contraste de igualdad de medias de la T-Student nos lleva a asumir la hipótesis de igualdad de medias (p-valor 0.237) por lo que no existen diferencias significativas según el lado del cadáver (Anexo: Tabla A- 17).

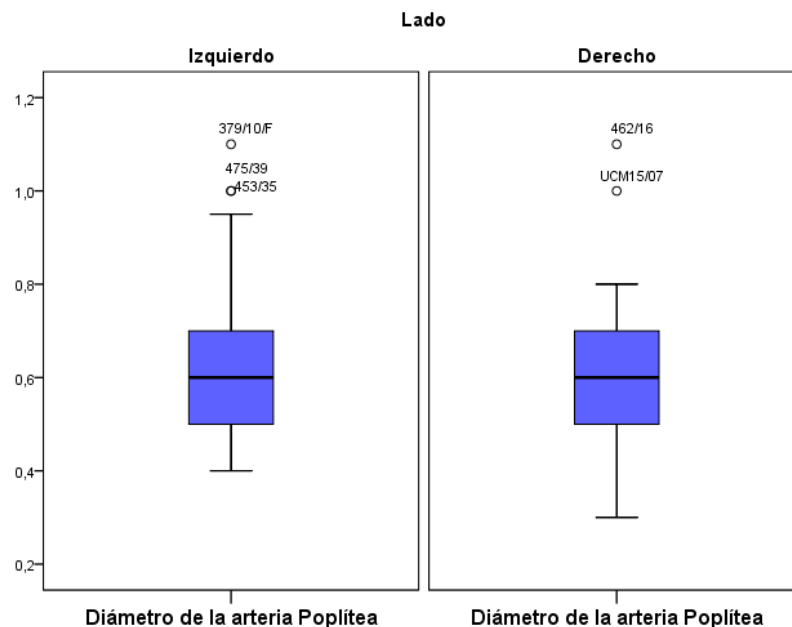


Figura 29 Gráfico de cajas del diámetro de la arteria poplítea según el lado del cadáver.

6.7.5. Diámetro de la arteria tibial anterior – sexo:

En el caso del diámetro de la arteria tibial anterior, la siguiente figura muestra el gráfico de cajas para hombres y mujeres (Veáse Figura 30). El promedio del diámetro de la arteria tibial anterior en hombres fue de 0.49cm con una desviación estándar de 0.116cm y para las mujeres de 0.43cm con una desviación estándar de 0.105cm. El contraste de igualdad de medias de la T-Student nos lleva a rechazar la hipótesis de igualdad de medias (p -valor ≈ 0) siendo mayor el diámetro en hombres que en mujeres (Anexo: Tabla A- 18).

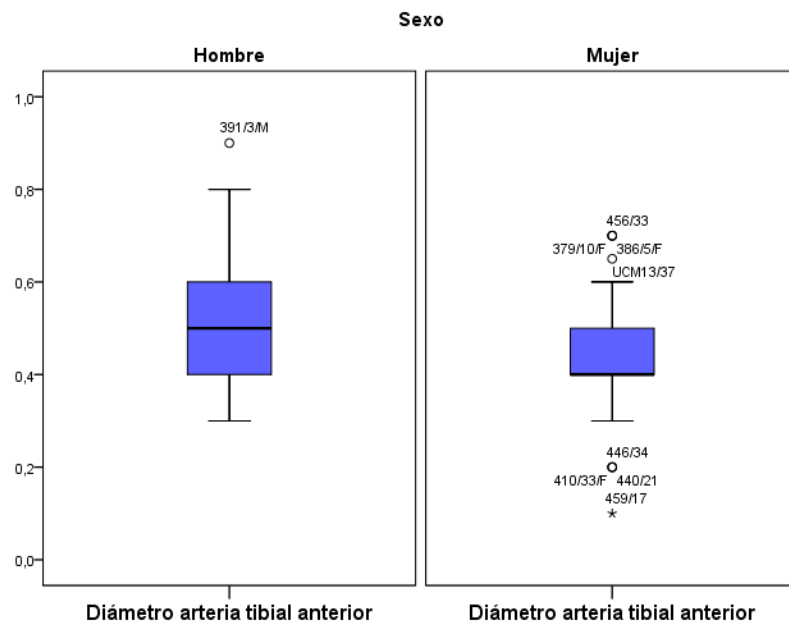


Figura 30 Gráfico de cajas del diámetro de la arteria tibial anterior según el sexo del cadáver.

6.7.6. Diámetro de la arteria tibial anterior – lado:

En el caso del diámetro de la arteria tibial anterior, la siguiente figura muestra el gráfico de cajas para el lado derecho e izquierdo del cadáver (Véase Figura 31). El promedio del diámetro de la arteria tibial anterior para el lado derecho del cadáver fue de 0.46cm con una desviación estándar de 0.107cm y para el lado izquierdo del cadáver de 0.45cm con una desviación estándar de 0.122cm. El contraste de igualdad de medias de la T-Student nos lleva a asumir la hipótesis de igualdad de medias (p-valor 0.539) por lo que no existen diferencias significativas según el lado del cadáver (Anexo: Tabla A- 19).

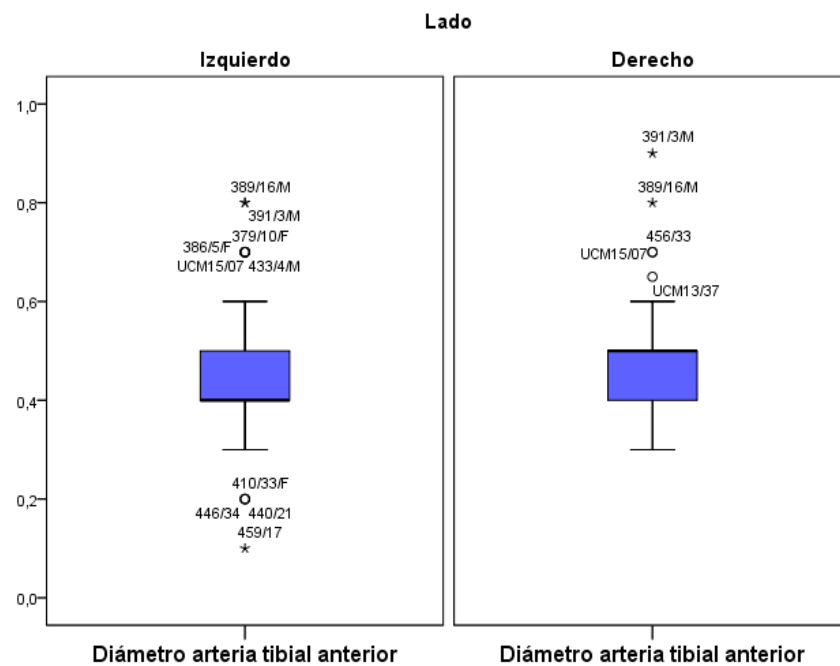


Figura 31 Gráfico de cajas del diámetro de la arteria tibial anterior según el lado del cadáver.

6.7.7. Diámetro de la arteria tibial posterior distal – sexo:

En el caso del diámetro de la arteria tibial posterior distal, la siguiente figura muestra el gráfico de cajas para hombres y mujeres (Véase Figura 32). El promedio del diámetro de la arteria tibial posterior distal en hombres fue de 0.34cm con una desviación estándar de 0.099cm y para las mujeres de 0.28cm con una desviación estándar de 0.074cm. El contraste de igualdad de medias de la T-Student nos lleva a rechazar la hipótesis de igualdad de medias (p-valor ≈ 0) siendo mayor el diámetro en hombres que en mujeres (Anexo: Tabla A- 20).

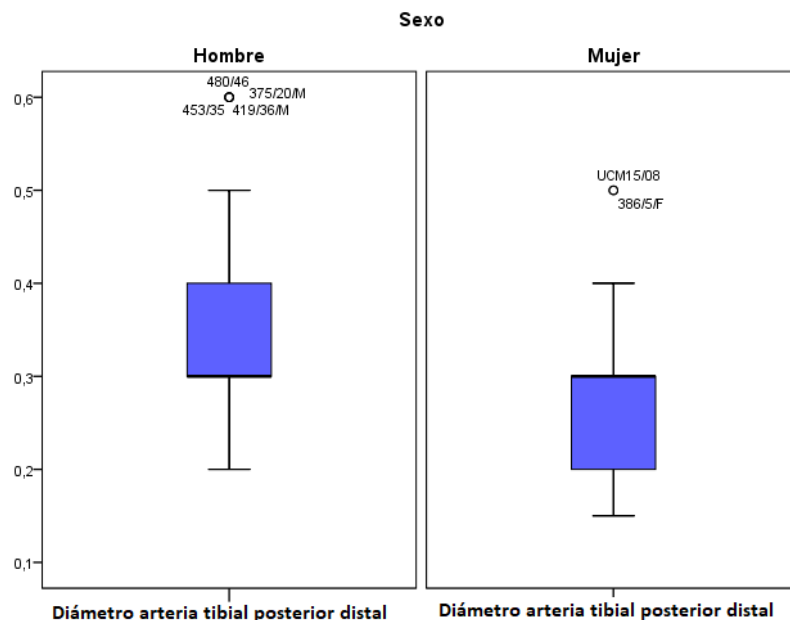


Figura 32 Gráfico de cajas del diámetro de la arteria tibial posterior según el sexo del cadáver

6.7.8. Diámetro de la arteria tibial posterior distal – lado:

En el caso del diámetro de la arteria tibial posterior distal, la siguiente figura muestra el gráfico de cajas para el lado derecho e izquierdo del cadáver (Véase Figura 33). El promedio del diámetro de la arteria tibial posterior distal para el lado derecho del cadáver fue de 0.329cm con una desviación estándar de 0.096cm y para el lado izquierdo del cadáver de 0.303cm con una desviación estándar de 0.087cm. El contraste de igualdad de medias de la T-Student nos lleva a rechazar la hipótesis de igualdad de medias (p-valor 0.046) siendo mayor para el lado derecho del cadáver (Anexo: Tabla A- 21).

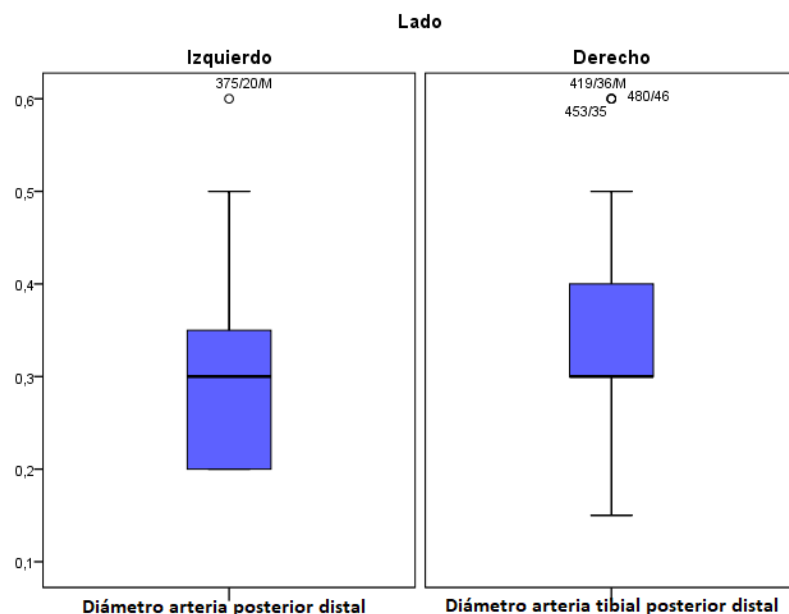


Figura 33 Gráfico de cajas del diámetro de la arteria tibial posterior distal según el lado del cadáver

6.7.9. Diámetro de la arteria peronea – sexo:

En el caso del diámetro de la arteria peronea, la siguiente figura muestra el gráfico de cajas para hombres y mujeres (Véase Figura 34). El promedio del diámetro de la arteria peronea en hombres fue de 0.35cm con una desviación estándar de 0.101cm y para las mujeres de 0.31cm con una desviación estándar de 0.078cm. El contraste de igualdad de medias de la T-Student nos lleva a rechazar la hipótesis de igualdad de medias (p-valor 0.001) siendo mayor el diámetro en hombres que en mujeres (Anexo: Tabla A- 22).

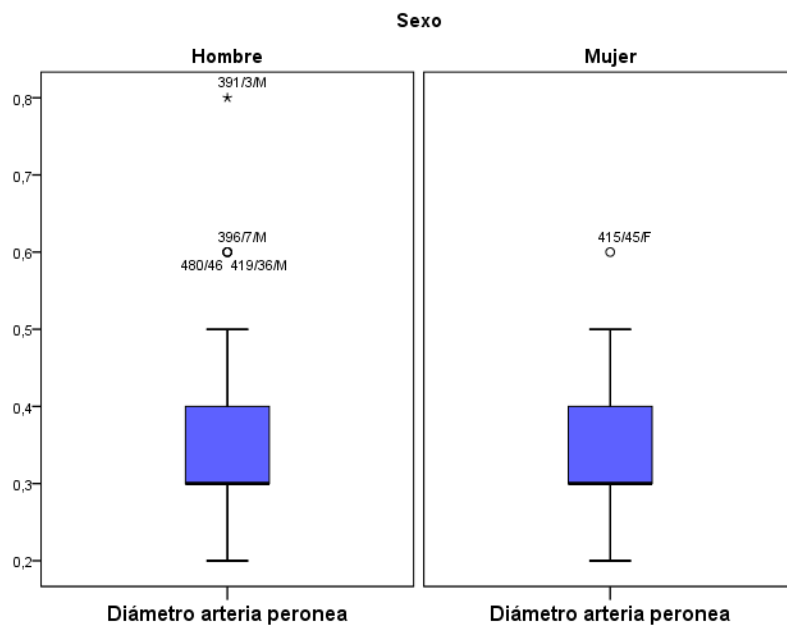


Figura 34 Gráfico de cajas del diámetro de la arteria peronea según el sexo del cadáver

6.7.10. Diámetro de la arteria peronea – lado:

En el caso del diámetro de la arteria peronea, la siguiente figura muestra el gráfico de cajas para el lado derecho e izquierdo del cadáver (Véase Figura 35). El promedio del diámetro de la arteria peronea para el lado derecho del cadáver fue de 0.327cm con una desviación estándar de 0.080cm y para el lado izquierdo del cadáver de 0.336cm con una desviación estándar de 0.102cm. El contraste de igualdad de medias de la T-Student nos lleva a asumir la hipótesis de igualdad de medias (p-valor 0.494) por lo que no existen diferencias significativas según el lado del cadáver (Anexo: Tabla A- 23).

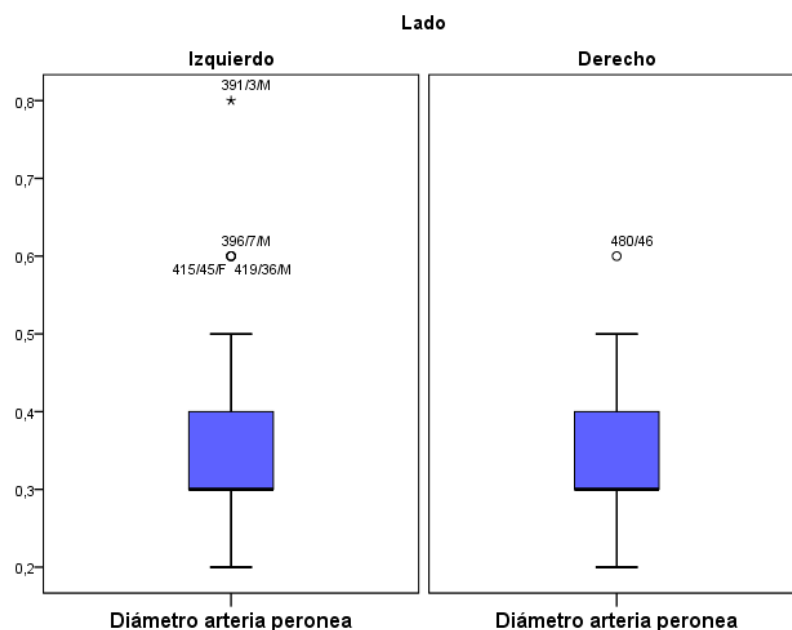


Figura 35 Gráfico de cajas del diámetro de la arteria peronea según el lado del cadáver

6.7.11. Diámetro de la arteria tibial posterior proximal – sexo:

En el caso del diámetro de la arteria tibial posterior proximal, la siguiente figura muestra el gráfico de cajas para hombres y mujeres (Véase Figura 36). El promedio del diámetro de la arteria tibial posterior proximal en hombres fue de 0.53cm con una desviación estándar de 0.105cm y para las mujeres de 0.45cm con una desviación estándar de 0.084cm. El contraste de igualdad de medias de la T-Student nos lleva a rechazar la hipótesis de igualdad de medias (p-valor ≈ 0) siendo mayor el diámetro en hombres que en mujeres (Anexo: Tabla A- 24).

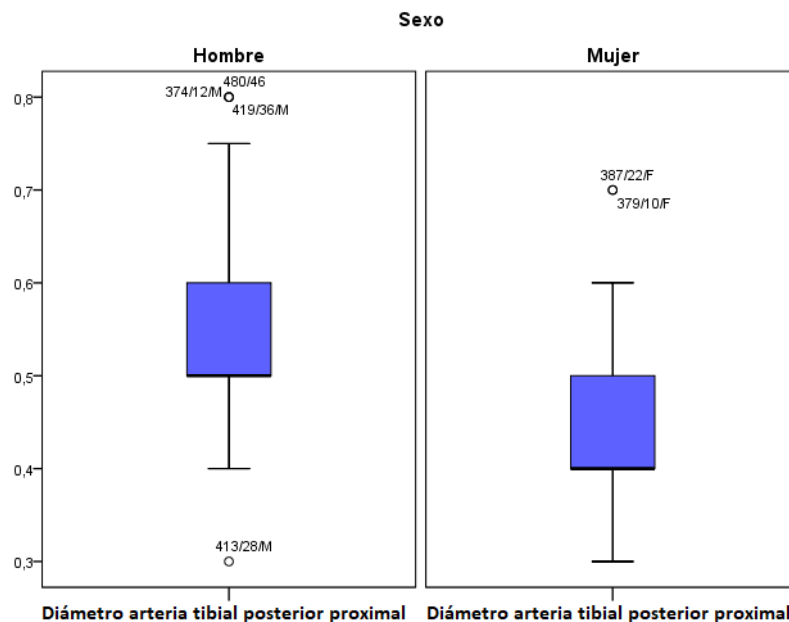


Figura 36 Gráfico de cajas del diámetro de la arteria tibial posterior proximal según el sexo del cadáver.

6.7.12. Diámetro de la arteria tibial posterior proximal – lado:

En el caso del diámetro de la arteria tibial posterior proximal, la siguiente figura muestra el gráfico de cajas para el lado derecho e izquierdo del cadáver (Véase Figura 37). El promedio de la arteria tibial posterior proximal para el lado derecho del cadáver fue de 0.487cm con una desviación estándar de 0.108cm y para el lado izquierdo del cadáver de 0.49cm con una desviación estándar de 0.098cm. El contraste de igualdad de medias de la T-Student nos lleva a asumir la hipótesis de igualdad de medias (p-valor 0.807) por lo que no existen diferencias significativas según el lado del cadáver (Anexo: Tabla A- 25).

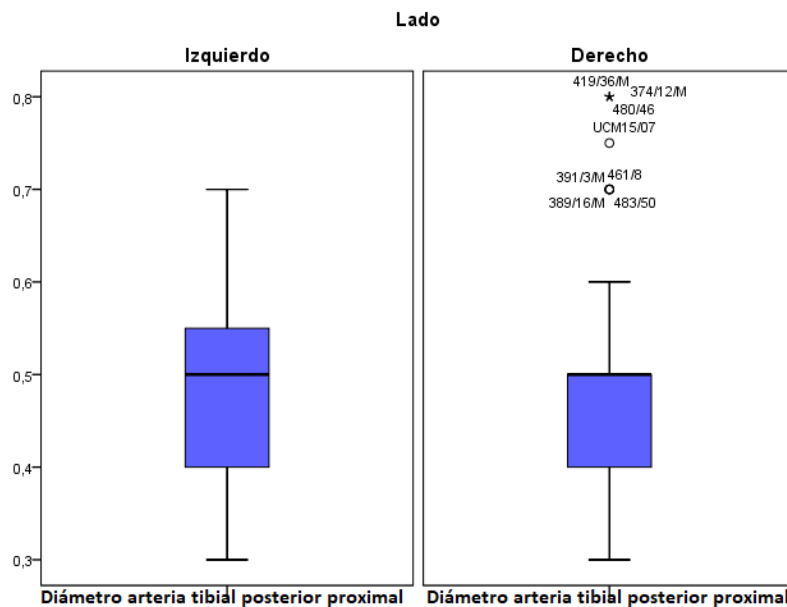


Figura 37 Gráfico de cajas del diámetro de la arteria tibial posterior proximal según el lado del cadáver

6.7.13. Longitud de la arteria tibial posterior proximal – sexo:

En el caso de la longitud de la arteria tibial posterior proximal, la siguiente figura muestra el gráfico de cajas para hombres y mujeres (Véase Figura 38). El promedio de la longitud de la arteria tibial posterior proximal en hombres fue de 3.02cm con una desviación estándar de 1.37cm y para las mujeres de 2.74cm con una desviación estándar de 1.35cm. El contraste de igualdad de medias de la T-Student nos lleva a rechazar la hipótesis de igualdad de medias (p-valor 0.128) siendo mayor la longitud en hombres que en mujeres (AnexoTabla A- 26).

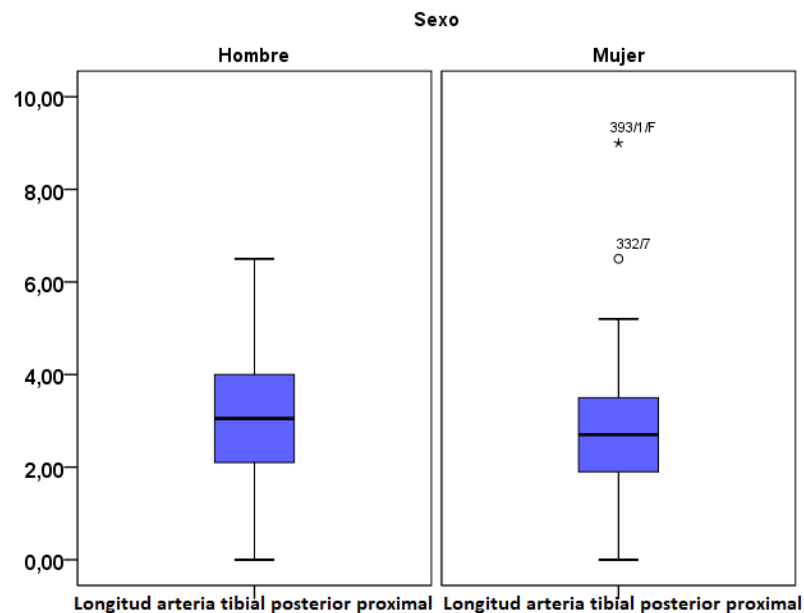


Figura 38 Gráfico de cajas de la longitud de la arteria tibial posterior proximal según el sexo del cadáver

6.7.14. Longitud de la arteria tibial posterior proximal – lado:

En el caso de la longitud de la arteria tibial posterior proximal, la siguiente figura muestra el gráfico de cajas para el lado derecho e izquierdo del cadáver (Véase Figura 39). El promedio de la longitud de la arteria tibial posterior proximal para el lado derecho del cadáver fue de 3.04cm con una desviación estándar de 1.413cm y para el lado izquierdo del cadáver de 2.708cm con una desviación estándar de 1.301cm. El contraste de igualdad de medias de la T-Student nos lleva a asumir la hipótesis de igualdad de medias (p-valor 0.06) por lo que no existen diferencias significativas según el lado del cadáver, aunque este valor debe considerarse con cautela por encontrarse muy próximo a la región de rechazo (Anexo: Tabla A- 27).

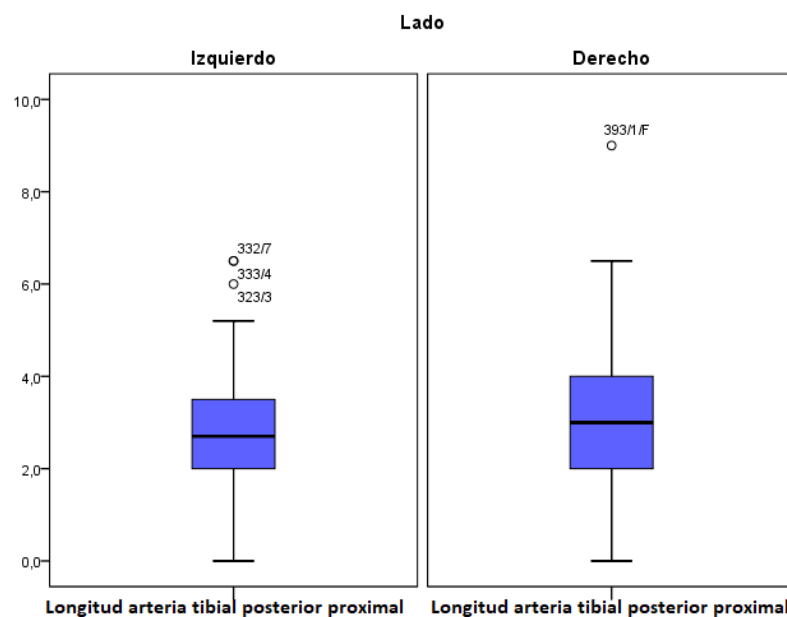


Figura 39 Gráfico de cajas de la longitud de la arteria tibial posterior proximal según el lado del cadáver.

7. DISCUSIÓN

En el presente trabajo, estudiamos tanto los patrones de división terminal de la arteria poplítea, como el diámetro de la arteria y sus ramas terminales, la longitud del tronco tibioperoneo y la relación del origen de la arteria tibial anterior respecto del borde inferior del músculo poplíteo.

7.1. PATRONES DE BIFURCACIÓN TERMINAL:

De las 260 extremidades disecadas, pudimos analizar el patrón de bifurcación terminal de la arteria poplítea en 243 de ellas.

7.1.1. Clasificación de las variables y frecuencia de aparición

Hemos observado que la arteria poplítea presenta gran variabilidad anatómica en su división terminal. Los trabajos clásicos sobre la anatomía vascular de los miembros inferiores ponen de manifiesto la elevada frecuencia de diferencias somáticas en esta región, con unas tasas de variables anatómicas que oscilan entre un 2% (Schwalbe 1891) y un 21% (Manfrini 1986)

Revisando la literatura, encontramos que la variabilidad es menor en los estudios realizados en cadáver (2-10%) (Schwalbe 1891, Ozgur 2009), que aquellos realizados con angiografía (7,2-21%) (Bradsley 1970, Manfrini 1986). Los resultados de nuestro estudio en cadáver muestran una variabilidad del 5,3%, en acorde a los hallazgos encontrados en los estudios clásicos de cadáver.

La siguiente tabla (Tabla 11), muestra la frecuencia de aparición de variables anatómicas en la bifurcación terminal de la arteria poplítea, en trabajos realizados con diferentes técnicas de observación.

<u>AUTOR</u>	<u>AÑO</u>	<u>FUENTE</u>	<u>TAMAÑO MUESTRA</u>	<u>% VARIABLES ANATÓMICAS</u>
Quain	1844	Cadáver	227	7,5%
Schwalbe & Pfitzner	1891	Cadáver	137	2%
Poirier	1912	Cadáver	227	4%
Dubruel-Chambardel	1925	Cadáver	153	6%
Adachi	1928	Cadáver	770	3%
Trotter	1940	Cadáver	584	9%
Keen	1961	Cadáver	280	9%
Colborn	1994	Cadáver	84	7,1%
Piral	1996	Cadáver	40	10%
Cross	2000	Cadáver	52	8%
Ozgur	2009	Cadáver	40	10%
Morris	1959	Arteriografía	246	12%
Bradsley	1970	Arteriografía	235	7,2%
Manfrini	1986	Arteriografía	92	21%
Mauro	1988	Arteriografía	343	12%
Davies	1989	Arteriografía	200	12%
Kim	1989	Arteriografía	605	7,8%
Voboril	1990	Arteriografía	253	18,2%
Day	2006	Arteriografía	1037	9,3%
Szpinda	2006	Arteriografía	144	12,5%
Kil	2009	Arteriografía	1242	10,8%
Tindall	2006	Doppler	100	6%
Demitras	2016	Angio-TAC	1261	11,3%
González-Cruz	2017	Angio-TAC	1633	7,72%
Nuestros resultados	2019	Cadáver	243	5,3%

Tabla 11 Frecuencia de aparición de variables anatómicas en la división terminal de la arteria poplítea en estudios con cadáver, angiografía, doppler o angio-TAC

La variabilidad anatómica en la división terminal de la arteria poplítea actualmente se clasifica según los subtipos publicados en el trabajo de Kim de 1989, que se basan en la clasificación previa de Lippert y Pabst de 1985.

Lippert y Pabst (1985) dividieron las variables en dos grandes grupos, el grupo 1 para aquellos casos en los que la bifurcación era a nivel del borde inferior del músculo poplíteo o distal a él (95%). El segundo grupo para los casos en los que la división ocurría proximal a esta referencia (5%). A su vez cada grupo lo subdividió en cuatro subgrupos, definiendo un total de ocho variables. Kim (1989) amplió esta clasificación tras su estudio angiográfico, añadiendo un tercer grupo en función de la distribución de las arterias terminales. En este tercer grupo se incluyeron tres categorías, en las que podía existir aplasia o hipoplasia de la arteria tibial anterior, de la arteria tibial posterior o de ambas. La clasificación de Kim (1989) incluye por lo tanto 3 grupos y 10 posibles variables.

Con nuestro trabajo hemos querido simplificar estas clasificaciones tan minuciosas con el objetivo de hacer una clasificación más sencilla y versátil que pueda ser manejada con facilidad en la práctica clínica. Para ello hemos dividido en tres grandes grupos de la siguiente forma (Véase Figura 9):

- **PATRÓN 1. Patrón de división clásico.** La división ocurre a nivel del borde inferior del músculo poplíteo o distal a él. La arteria poplíteica se bifurca en arterias tibial anterior y posterior. La arteria peronea nace de la arteria tibial posterior distal a la bifurcación poplíteica. (233 casos, 94,7%)
- **PATRÓN 2. Patrón de división alta.** La división ocurre proximal al borde inferior del músculo poplíteo. (8 casos, 3,3%). En este patrón hemos encontrado 3 posibilidades:
 - 2.a. División de la arteria poplíteica en arteria tibial anterior y tibial posterior. La arteria peronea nace de la arteria tibial posterior. (4 casos, 1,6%)

2.b. Mismo patrón que 2.a. pero la arteria tibial anterior discurre por la cara anterior del músculo poplíteo. (2 casos, 0,8%)

2.c. La arteria peronea nace desde la arteria tibial anterior (2 casos, 0,8%)

- **PATRÓN 3. Trifurcación.** La arteria poplítea se divide al mismo tiempo en sus tres ramas terminales. (5 casos, 2%)

Extrapolando los resultados publicados en trabajos previos a nuestra clasificación, obtenemos los datos que se reflejan en la Tabla 12.

AUTOR	N	FUENTE	PATRÓN 1 (n/%)	PATRÓN 2 (n/%)	2.a (n/%)	2.b (n/%)	2.c (n/%)	PATRÓN 3 (n/%)
Quain 1844	227	Cadáver	210/93%	10/4%	4/1,8%		6/2,2%	1/0,4%
Schwalbe 1891	137	Cadáver	134/98%	3/2%				
Poirier 1912	227	Cadáver	217/96%	10/4%				
D-Chambardel 1925	153	Cadáver	144/94%	7/5%			2/1%	
Adachi 1928	770	Cadáver	746/97%	21/2,7%	7/0,9%	8/1%	6/0,8%	3/0,4%
Trotter 1940	584	Cadáver	530/91%	24/4%	2/0,34%	14/2,4%	8/1,4%	6/1%
Keen 1961	280	Cadáver	254/91%	14/5%	10/3,6%	3/1,1%	1/0,3%	12/4,3%
Colborn 1994	84	Cadáver	78/92,9%	6/7,1%		1/1,2%	5/5,9%	
Piral 1996	40	Cadáver	36/90%				2/5% (*)	2/5%
Cross 2000	52	Cadáver	48/92%				4/8% (*)	
Ozgur 2009	40	Cadáver	36/90%	3/7,5%	2/5%		1/2,5%	1/ 2,5%
Morris 1959	246	Arteriografía	214/88%	15/6%	10/4%		5/2% (**)	15/6%
Bradsley 1970	235	Arteriografía	218/92,8%	14/5,9%			4/1,7% (**)	1/0,4%
Manfrini 1986	92	Arteriografía	73/79%				3/3,3%	6/7%
Mauro 1988	343	Arteriografía	302/88%	8/2,3%			7/2,1% (***)	14/4,1%
Davies 1989	200	Arteriografía	176/88%	7/3,5%			3/1,5%	12/6%
Kim 1989	605	Arteriografía	560/92,2%	28/4,6%			12/2% (***)	12/2%
Voboril 1990	253	Arteriografía	207/81,8%	11/4,4%			6/2,4%	14/5,5%
Day 2006	1037	Arteriografía	941/90,7%	60/5,8%			14/1,4% (**)	33/3,2%
Szpinda 2006	144	Arteriografía	126/87,5%	11/7,9%			11/7,9% (**)	4/2,6%
Kil 2009	1242	Arteriografía	1108/89,2%	15/1,2%			6/0,5% (**)	19/1,5%
Tindall 2006	100	Doppler	94/94%	6/6%		6/6%		
Demitras 2016	1261	Angio-TAC	1118/88,7%	40/3,2%			14/1,2% (**)	32/2,5%
González-Cruz 2017	1633	Angio-TAC	1507/92,28%	62/3,79%	19/1,16%	27/1,65%	15/0,91%	24/1,46%
Aragonés 2019	243	Cadáver	230/94,7%	8/3,3%	4/1,6%	2/0,8%	0,8%	5/2%

(*) No presentaban una bifurcación alta, pero si una arteria peronea originada desde la tibial anterior

(**) La arteria peronea se origina a partir de la arteria tibial anterior, pero en algún caso (<=50%), la bifurcación poplítea era al nivel habitual.

(***) La arteria peronea se origina a partir de la arteria tibial anterior, pero en algún caso (>50%), la bifurcación poplítea era al nivel habitual.

Tabla 12 Frecuencia de aparición de los patrones de bifurcación terminal de la arteria poplítea según nuestra clasificación en distintos trabajos

El patrón más frecuente en todos los trabajos revisados fue el patrón 1, que es el patrón clásico, apareciendo según la fuente consultada con una frecuencia 79-98% (Manfrini 1986, Schwalbe 1891). Nosotros lo encontramos en el 94,7%. El patrón que le sigue en frecuencia en la mayor parte de los trabajos revisados es el patrón 2 o bifurcación alta, con una frecuencia que oscila del 2% (Schwalbe 1891) al 7,9% (Szpinda 2005). En nuestro trabajo esta cifra fue de 3,3%. Seis de los trabajos revisados vieron que era más frecuente el patrón 3 que el 2 (Morris 1961, Mauro 1988, Davies 1989, Voboril 1990, Piral 1996, Kil 2009)

Dentro del patrón 2, vimos que podían aparecer 3 posibilidades, que ya habían sido recogidas previamente en la literatura. Dentro de ellas, las variables 2a y 2c fueron las más frecuentes, mientras que el subtipo 2b fue siempre la opción que menos aparecía (0,8-1,2%), excepto en el trabajo de Trotter (1940), en el que aparece como el subtipo más frecuente dentro del grupo de bifurcación alta (2,4%), y en el de Tindall (2006), que encontró que todos sus casos de patrón 2 (6%), fueron 2b.

En los estudios basados en angiografía, es muy difícil valorar la relación de la arteria tibial anterior con respecto al músculo poplíteo en los casos de bifurcación alta, y por lo tanto en estos trabajos no diferencian entre nuestros patrones 2a y 2b al no poder valorar si la arteria tibial anterior recorre la cara anterior o la posterior del músculo poplíteo.

Kim (1989) encuentra dentro de los casos con bifurcación alta, dos posibilidades de recorrido de la arteria tibial anterior en el plano coronal. La primera posibilidad, que el clasifica como II.A.1, es aquella en la que la arteria tibial anterior tiene un recorrido normal vertical descendente en su parte proximal. La segunda posibilidad, II.A.2, es en la que la arteria tibial anterior lleva un recorrido con dirección medial en su parte más proximal. Este autor defiende que cuando la arteria tibial anterior presenta este recorrido medial

inicial, es porque discurrirá anterior al músculo poplíteo, basándose en las descripciones realizadas sobre cadáver por Adachi (1928), que ya había observado y descrito esta asociación de recorrido inicial medial de la arteria, para distalmente situarse anterior al músculo poplíteo.

Kil (2009) también sugiere que la dirección medial inicial de la arteria tibial anterior con origen alto puede significar que ésta va a situarse anterior al músculo poplíteo.

Day (2006) encontró estas dos posibilidades de recorrido en la región proximal de la arteria tibial anterior cuando tenía un origen alto. Otros estudios en angiografía en cambio no hablan de un recorrido medial de esta arteria en su zona proximal (Bradsley 1970, Voboril 1990)

El patrón 3 o trifurcación apareció de forma casi constante en todos los trabajos revisados, con incidencias entre el 0,4% - 7% según el autor (Quain 1844, Adachi 1928, Trotter 1940, Morris 1959, Keen 1961, Bradsley 1970, Manfrini 1986, Mauro 1988, Davies 1989, Kim 1989, Voboril 1990, Piral 1996, Day 2006, Szpinda 2006, Kil 2009, Ozgur 2009, Demitras 2016, González-Cruz 2017). Esta discrepancia importante se debe probablemente a las distintas formas de definir el patrón de trifurcación. Adachi (1928) estableció en su trabajo que la arteria poplíteo se trifurcaba en sus tres ramas terminales cuando las tres nacían en un rango menor de 0,5cm de distancia entre ellas, es decir, cuando el tronco tibioperoneo tenía una longitud inferior a 0,5cm.

Otros trabajos aceptan que esta distancia en los casos de trifurcación puede ser mayor, incluso de 1 cm (Morris 1961), por lo que lógicamente encuentran más casos dentro de este patrón.

En nuestro trabajo consideramos que se trataba de una trifurcación cuándo la distancia entre el origen de las tres ramas terminales era inferior a 0,5cm (Adachi 1928), observando que esto ocurría en un 2% de la muestra.

Pensamos que la justificación embriológica de la aparición de una trifurcación ocurre cuando la fusión de las arterias tibial posterior superficial y peronea superficial se detiene a nivel del borde inferior del músculo poplíteo y a la altura del origen de la arteria perforante o futura tibial anterior. De esta forma las tres arterias terminales se originan al mismo nivel, a la altura del borde inferior del musculo poplíteo.

Por esta razón creemos que no hay casos descritos de patrones de trifurcación con división proximal al borde inferior del músculo poplíteo.

Existe una variable descrita únicamente en tres ocasiones, que consiste en una bifurcación alta de la arteria poplíteo en la arteria peronea y un tronco arterial que distalmente se bifurca en las arterias tibial anterior y posterior, es el subtipo IIC de la clasificación de Kim (1989), y hallada por primera vez por este autor. Kim (1989) encontró esta situación en 1 caso de su muestra angiográfica (0,16%), Day (2006) en 2 angiografías (0,2%) y González-Cruz (2017) en una extremidad de las 852 revisadas con TAC (0,11%). No ha sido descrita en la literatura en más ocasiones ni tampoco la hemos encontrado en nuestras disecciones.

Hemos encontrado en nuestra muestra, que en algunas ocasiones en que la arteria poplíteo tiene una bifurcación alta, la arteria peronea nace desde la tibial anterior en vez de hacerlo desde la tibial posterior. A este subtipo le hemos denominado 2c y lo hemos encontrado en 2 ocasiones (0,8%). No hemos visto que la arteria peronea se origine desde la arteria tibial anterior si el nivel de la bifurcación poplíteo es el clásico, en cambio esta posibilidad si ha sido registrada por otros autores. Llama la atención que este hallazgo

únicamente ha sido descrito en 2 ocasiones en estudios en cadáver (Piral 1996, Cross 2000), mientras que aparece en todos los estudios realizados mediante angiografía o Angiotac excepto en los trabajos de Mafrini (1986), Davies (1989) y Voboril (1990).

Nosotros no encontramos en nuestro trabajo ningún caso de aplasia/hipoplasia de las arterias terminales. Revisando los trabajos realizados en cadáver, vemos que sólo hacen referencia en escasas ocasiones; Quain (1844) describe esta variable en 11 extremidades de 211 disecadas (5,21%), Adachi (1928) en 10 de 486 (2%). Tuncel (1994) describe en un cadáver un caso de hipoplasia de la arteria tibial anterior en donde la arteria pedia proviene de la arteria peronea (subtipo IIIb de Kim) y Wonsung (2008) encuentra un caso de una arteria peronea magna en una disección de una extremidad derecha (subtipo IIIc de Kim). No existen más referencias a estas situaciones en los estudios sobre cadáver.

Esta situación es bien distinta si analizamos los resultados obtenidos en los estudios realizados con angiografía, en los que aparecen los patrones de aplasia e hipoplasia de las ramas terminales con una frecuencia mucho mayor según se refleja en la Tabla 13. En todos ellos el vaso más afectado es la arteria tibial posterior, excepto en el trabajo de Manfrini, que es la tibial anterior.

AUTOR	% Aplasia- Hipoplasia ramas terminales	% Aplasia- A. Hipoplasia Tibial posterior III.A.	% Aplasia- A. Hipoplasia Tibial anterior III.B.
Bradsley 1970	0,85%	0,85%	-
Manfrini 1986	10%	3%	4%
Mauro 1988	2,3%	-	-
Kim 1989	5,6%	3,8%	1,6%
Voboril 1990	8,3%	7,5%	0,8%
Day 2006	1%	0,8%	0,1%
Kil 2009	7,6%	5,1%	1,7%

Tabla 13 Frecuencia de aparición de los patrones III, III.A y III.B de la clasificación de Kim en diversos trabajos realizados con angiografía

Es muy posible que esta diferencia de hallazgos entre los estudios en cadáver y los realizados con angiografía se deba al sesgo de selección de la muestra. Las arteriografías se realizan a pacientes con patología arterial conocida o sospechada, y los patrones de vascularización distal son difíciles de evaluar cuando existe patología vascular periférica. Mediante angiografía puede ser difícil diferenciar entre una verdadera variable anatómica y una vascularización colateral con vasos hipoplásicos en el contexto de patología arterial. Las características que orientan a pensar en una variable anatómica y no en un patrón adquirido serían la ausencia de vascularización colateral, la disminución gradual del calibre de la arteria y el recorrido descendente rectilíneo del vaso, no ondulante. (Day CP 2006)

Pero a pesar de estas características diferenciales conocidas, no es fácil distinguir entre una variable real y una hipoplasia adquirida (Day 2006), por lo que nosotros pensamos que el utilizar estudios de imagen de extremidades con patología arterial puede hacer que erróneamente se identifiquen como variables anatómicas arterias que realmente presentan patología oclusiva.

Los dos estudios en arteriografía que presentan un menor número de casos de hipoplasia de vasos distales son el de Bradsley (1970) con un 0,85% de casos, y el de Day (2006) con un 1%. En ambos casos se habían excluido de la muestra inicial aquellas extremidades en las que se había diagnosticado patología arterial severa; 48 pacientes de 203 en el trabajo de Bradsley (1970) y 375 extremidades distales a la rodilla de 1037 en el de Day (2006). Esto refuerza nuestra teoría de que muchos de los casos identificados como variables en estudios con angiografía en los que no eliminan pacientes con patología vascular, realmente son arterias patológicas.

En un trabajo sobre variabilidad anatómica de las arterias a este nivel realizado mediante Doppler (Tindall 2006), en el que analizaron sólo rodillas sin patología ni cirugía previas, no encontraron ningún caso de hipoplasia o aplasia de vasos terminales. En cambio, otros autores que analizaron el patrón arterial en pacientes con patología vascular mediante angio-TAC (Demitras 2016), encontraron que los patrones hipoplásicos de alguna de las tres arterias terminales era un 4,9%.

Nosotros revisamos el historial clínico de los cadáveres y disecamos únicamente aquellos que no tenían patología arterial conocida ni cirugías previas de rodilla. No encontramos ningún caso de aplasia o hipoplasia en las 243 extremidades de nuestra muestra.

7.1.2. Distribución de los patrones por sexo, lado y raza.

A la hora de analizar el patrón de bifurcación terminal entre hombres y mujeres, no encontramos diferencias significativas entre sexos. Trotter (1940) hace referencia en su trabajo a la distribución de las variables entre sexos, observando que existe mayor incidencia del patrón 2 o bifurcación alta en varones, pero sin ser estadísticamente

significativo. Este dato ha sido únicamente valorado en la literatura en 2 ocasiones más, sin hallar tampoco diferencias significativas entre sexos (Bradsley 1970, Szpinda 2006)

Hemos analizado la distribución por lateralidad de los patrones de división terminal de la arteria poplítea, sin encontrar diferencias significativas. Otros autores que han estudiado también esta distribución no han encontrado diferencias significativas entre lado derecho e izquierdo. (Trotter 1940, Keen 1961, Szpinda 2006, Kil 2009)

Trotter (1940) también estudia la distribución por raza, comparando sus hallazgos con los de Adachi (1928) en población japonesa, y encontrando que existe una tendencia a que el patrón 2 sea más frecuente en la raza negra, seguida de la raza caucásica y menos frecuente en japoneses, pero sin ser los valores estadísticamente significativos.

En una revisión comparativa de treinta y tres estudios, encuentran que los hallazgos de aplasia o hipoplasia en las ramas terminales de la arteria poplítea (patrón III de Kim), eran más frecuentes en la raza japonesa, con un 5,9% de frecuencia, que en norteamericanos o en europeos, dónde los valores fueron de 2% y 3,3% respectivamente (Tomaszewski 2017)

Nuestros cadáveres eran todos de raza caucásica, por lo que no pudimos analizar la distribución por raza dentro de nuestra muestra.

7.1.3. Simetría de los patrones de bifurcación:

De las 243 extremidades disecadas, 13 de ellas tenían un patrón distinto del patrón 1 o clásico o habitual. De estos 13 casos con patrones 2 y 3, vimos que 8 de ellos fueron bilaterales, perteneciendo 4 a 2 cadáveres de mujer y otros 4 a 2 cadáveres de hombre. Es decir, encontramos que la presencia de cualquier variable anatómica era bilateral en el 61,54% de los casos.

Analizando detalladamente cada una de los 4 cadáveres con presencia de variables en ambas extremidades, encontramos que en 2 de ellos la variable anatómica era el mismo tipo, mientras que en los otros 2 cadáveres aparecían variables en las 2 rodillas pero de distinto tipo. Es decir, en nuestra muestra, cuándo en un cadáver encontramos una variable anatómica bilateral a este nivel, la posibilidad de que esta variable sea la misma en la extremidad contralateral, fue del 50%.

Si un cadáver de nuestra muestra presentaba una variable anatómica en una extremidad, la frecuencia de aparición de otra variable distinta del patrón 1 o clásico en la extremidad contralateral fue del 61,54%, mientras que la frecuencia de aparición en esta circunstancia de un patrón 1 o clásico en la extremidad contralateral fue del 38,46%.

Cuándo en un cadáver encontramos una extremidad con un patrón habitual de bifurcación, la frecuencia de aparición de una variable anatómica distinta del patrón clásico en la extremidad contralateral fue del 5,37%.

La bilateralidad de estas variables ha sido estudiada en escasas publicaciones. Mauro (1988) encuentra que la frecuencia de aparición de una variable en una extremidad cuándo en la contralateral ya existía, era del 50%.

Keen (1961), en su trabajo refiere que si hay una variable en un lado, es esperable solo una variable en 1/3 de las veces en el otro lado. 27,5%.

La llegada de la arteriografía ha permitido seguir estudiando la lateralidad, añadiendo muchos más casos, facilitando conocer las probabilidades de tener o no una variante en función de lo hallado en la extremidad contralateral.

Bradsley (1970), en un trabajo sobre angiografía, estudió la frecuencia de aparición de una variable en una extremidad en función de lo hallado en la contralateral, obteniendo los siguientes resultados:

- En el caso de que en una rodilla el patrón de ramificación terminal de la arteria poplítea sea el clásico la posibilidad de hallar una variable en la extremidad contralateral fue del 8%.
- Si por el contrario, en una extremidad aparece una variable a este nivel, en el 50% de las veces aparecería también en el otro lado.

Kil (2009) estudia también la bilateralidad y muestra resultados algo dispares a los de Bradsley (1970):

- Cuando el patrón de división terminal de la arteria poplítea es el habitual, existe un 13% de probabilidad de encontrar alguna variable en la extremidad contralateral (frente al 8% de Bradsley, 1970)
- Si el patrón es una variable anatómica distinta al patrón clásico, existe una probabilidad del 28% de encontrar también alguna variable en la extremidad contralateral (frente al 50% de Bradsley, 1970)

Los resultados encontrados por Bradsley (1970) y Mauro (1988) para la frecuencia de aparición de una variable en una extremidad cuándo ya existía en la contralateral, son similares; 50%. Esta cifra es algo inferior en los trabajos de Keen (1961); 27,5%, y Kil (2009); 28%. Los resultados de nuestra muestra para este hallazgo fue una cifra superior a todos estos trabajos, alcanzando el 61,54%.

Son pocos los trabajos que analizan si la variable anatómica es la misma en el caso de bilateralidad. Kil (2009) fue el primero en hacer referencia a este dato y expuso que cuando había una variable anatómica a este nivel distinta del patrón habitual, que esta variable era la misma en el 76% de los casos.

Demitras (2016) publica un estudio hecho con angioTAC a 1261 extremidades y encuentra:

- 143 extremidades pertenecientes a 120 pacientes presentaban una variable distinta del patrón clásico. De éstos, 97 tenían la variable en una extremidad (unilateral) y 23 en ambas extremidades (bilateral).
- En 19 pacientes de los 23 que tenían variable bilateral, la variable encontrada fue la misma en ambas extremidades (82,6%). En los 4 pacientes restantes, las variables fueron distintas en cada extremidad (17,4%).

Szpinda (2005) encuentra a principios del siglo XXI que bilateralidad es más frecuente cuando la variable encontrada es el subtipo IIB de Kim (origen alto de la arteria tibial posterior y existencia de un tronco tibioperoneo anterior)

Nosotros encontramos que cuando había variable anatómica en ambas extremidades, ésta era la misma en el 50% de los casos. Esos resultados son algo menores que los publicados por Kil (2009); 76%, y Demitras (2016); 82,6%.

En nuestros casos de bilateralidad y simetría, los patrones encontrados fueron el 2a en un cadáver (origen alto de la arteria tibial anterior y arteria peronea originada a partir de la arteria tibial posterior proximal) y 2b en el otro cadáver (origen alto de la arteria tibial anterior y recorrido de ésta por la cara anterior del músculo poplíteo). Estos hallazgos no concuerdan con los de Szpinda (2005), quien afirma en su trabajo que la bilateralidad y simetría es más frecuente para el patrón 2c de nuestra clasificación propuesta.

Cuándo hemos encontrado un cadáver con variable bilateral y en una extremidad aparecía un patrón 2c, en la contralateral hemos visto siempre el patrón 3 o trifurcación.

7.2. RELACIÓN CON EL MÚSCULO POPLÍTEO:

La arteria poplítea clásicamente finaliza a nivel del borde inferior del músculo poplíteo, dónde se bifurca en arteria tibial anterior y arteria tibial posterior. Ocasionalmente se puede encontrar que esto no ocurre así, y que la bifurcación ocurre proximal al borde inferior del músculo poplíteo. Esta situación se denomina origen alto de la arteria tibial anterior y está registrada en la literatura en varios estudios, oscilando su frecuencia según las fuentes consultadas de estudios en cadáver entre 2%-7,5% (Quain 1844, Schwalbe 1891, Poirier 1912, Dubreuil-Chambardel 1925, Adachi 1928, Trotter 1940, Colborbn 1944, Keen 1961, Ozgur 2009). En dos estudios de cadáver, uno de 40 extremidades (Piral 1996) y otro de 52 (Corss 2000), no se encontró ningún caso de origen alto de la arteria tibial anterior. La Tabla 14 muestra la frecuencia de aparición del patrón de división alta en distintos trabajos en cadáver.

AUTOR	TAMAÑO MUESTRA	FRECUENCIA PATRÓN 2 (%)
Quain 1844	227	10/4%
Schwalbe & Pfitzner 1891	137	3/2%
Poirier 1912	227	10/4%
Dubruel-Chambardel 1925	153	7/5%
Adachi 1928	770	21/2,7%
Trotter 1940	584	24/4%
Keen 1961	280	14/5%
Colborn 1994	84	6/7,1%
Piral 1996	40	0/0%
Cross 2000	52	0/0%
Ozgur 2009	40	3/7,5%
Aragónés 2019	243	8/3,3%

Tabla 14 Frecuencia de aparición del patrón de división alta en distintos trabajos sobre cadaver

En los estudios en angiografía, al no poder valorar la altura del origen de la arteria tibial anterior con respecto al músculo poplíteo, toman de referencia el borde proximal de la tibia. La frecuencia de aparición de la bifurcación alta en este tipo de trabajos varía según la fuente consultada 1% (Kil 2009)-7,9% (Szpinda 2006 bis)

Nosotros analizamos este dato en las 243 extremidades disecadas, observando que el 3,3% (8) de los casos analizados, el origen de la arteria tibial anterior respecto del musculo poplíteo se situaba a nivel del borde proximal de este músculo o incluso más alto (Patrón 2 de nuestra clasificación). De ellos, el 50% pertenecían a mujeres (4 extremidades) y el otro 50% (4 extremidades) pertenecían a varones. El 50% fueron extremidades derechas y el 50% izquierdas.

La dominancia del origen alto de la arteria tibial anterior por sexos fue estudiada por Trotter (1940), que encontró una mayor tendencia a aparecer en varones, pero sin ser

estadísticamente significativo. No hemos encontrado referencias en la literatura respecto a la dominancia por lado derecho o izquierdo de este patrón.

Nosotros no encontramos diferencias significativas a la hora de estudiar el origen de la arteria tibial anterior respecto al borde inferior del músculo poplíteo, ni entre sexos (p 0,796) ni entre extremidades derechas e izquierdas (p 0,944)

La división alta de la arteria poplíteica puede presentar diferentes posibilidades de recorrido de la arteria tibial anterior. Quain ya describía en 1844 en alguna de sus disecciones la existencia de una bifurcación alta de la arteria poplíteica, y en alguno de esos casos, la arteria tibial anterior presentaba un recorrido anómalo anterior al músculo poplíteico, en vez de posterior a él. Esta variable ha sido descrita en la literatura posteriormente en diversos artículos (Quain 1844, Adachi 1928, Trotter 1940, Colborbn GL. 1944, Keen 1961, Morris 1961, Bradsley 1970, Manfrini 1986, Kim 1989, Voboril 1990, Day 2006, Szpinda M. 2006 y 2006bis, Kil SW. 2009, Ozgur 2009) También encontramos esta excepción en 2 de las extremidades disecadas en nuestro trabajo (Figura 40).

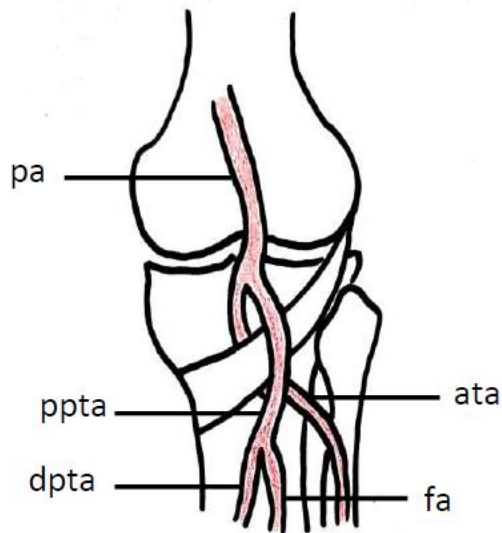


Figura 40 La arteria poplítea (pa: popliteal artery), se bifurca proximal al borde inferior del músculo poplíteo en arteria tibial anterior (ata: anterior tibial artery), y arteria tibial posterior proximal (ppta: proximal posterior tibial artery). La arteria peronea (fa: fibular artery), se origina a partir de la ppta. Una vez originada la fa, la ppta se continúa como arteria tibial posterior distal (dpta: distal posterior tibial artery). La ata discurre por la cara anterior del músculo poplíteo.

En los casos de origen alto de la arteria tibial anterior, medimos la distancia desde el borde inferior del músculo poplíteo hasta el origen de la arteria. Damos un valor “0” cuando el origen de la arteria tibial anterior era a nivel del borde inferior del músculo poplíteo, y un valor positivo medido en cm cuándo esta arteria se originaba proximal a esta referencia.

En 3,25% (8) de los cadáveres analizados, la distancia del origen de la arteria tibial anterior con referencia del borde inferior del músculo poplíteo fue estrictamente positiva. En dichos casos, la distancia media fue de 3,82cm con una desviación típica de 1,534cm.

No encontramos referencias en la literatura acerca de la distancia desde el borde inferior del músculo poplíteo a la bifurcación poplítea en los casos de bifurcación alta.

7.3. DIÁMETROS DE LA ARTERIA POPLÍTEA Y RAMAS TERMINALES. LONGITUD DE LA ARTERIA TIBIAL POSTERIOR PROXIMAL.

De las 246 extremidades disecadas, medimos en 203 de ellas los diámetros de las arterias poplítea, tibial anterior, tibial posterior distal y peronea, así como el diámetro y la longitud de la arteria tibial posterior proximal.

Hasta la fecha, y tras revisar la bibliografía, ratificamos que es el mayor estudio en cadáver acerca del diámetro de la arteria poplítea y sus ramas terminales. La mayoría de los estudios existentes al respecto son con mediciones realizadas mediante ecografía doppler.

7.3.1. Diámetro de la arteria poplítea:

En nuestra muestra medimos el diámetro de la arteria poplítea en 203 extremidades, y encontramos que el diámetro medio de esta arteria fue de 0,61 con una desviación típica de 0,131cm. El intervalo de confianza al 95% para el promedio del diámetro de la arteria poplítea es de $IC_{95\%}(\bar{O})=[0.59;0.62]$. Se trata del mayor estudio en cadáver que mide estos valores. Otros estudios al respecto que miden este dato muestran valores que oscilan entre 0,44-0,9cm (Davis 1977, Wayne Johnston 1991, Machi 1994, Zierler 1997, Debasso 2004, Morris-Stiff 2005, Szpinda 2006 Bis, Yehuda 2006, Ozgur 2009, Czyzewska 2012)

El trabajo con mayor tamaño muestral encontrado es de Czyżewska (2012), con 228 arterias poplíteas medidas con ecografía doppler en pacientes sanos. Obtuvieron diámetros con valores significativamente mayores en varones (0,647+-0,072cm) que en mujeres (0,572+-0,067cm), dato que también encontramos nosotros de forma significativa, observando para varones un diámetro de 0,65+-0,13cm y para mujeres de 0,57+-0,11cm.

Czyżewska (2012) no encontró diferencias por lados, al igual que tampoco nosotros ni ningún otro estudio publicado demuestra diferencias en los diámetros entre arterias derechas e izquierdas. (Davis 1977, Wayne Johnston 1991, Machi 1994, Zierler 1997, Debasso 2004, Morris-Stiff 2005, Yehuda 2006, Szpinda 2006 Bis, Ozgur Z. 2009, Czyżewska 2012)

Yehuda (2006) analiza por eco doppler también el diámetro de 204 arterias poplíteas 2cm proximal a nivel de la bifurcación. Encuentran que este diámetro es significativamente mayor en hombres (0,49+-0,06cm) que en mujeres (0,44+-0,06cm).

La siguiente tabla muestra los diámetros de la arteria poplítea en diferentes trabajos con ecografía Doppler, TAC y disección en cadáver, así como los distintos valores diferenciados según género (Tabla 15).

AUTOR	TAMAÑO MUESTRAL	MEDICIÓN	DIÁMETRO PA	DIÁMETRO MUJERES	DIÁMETRO VARONES
Yehuda G. 2006	204	Dopler		0,44+-0,06cm	0,49+-0,06 cm
Davies RP. 1977	34	Dopler	0,9+-0,2cm		
Zierler RE. 1997	55	Dopler	0,52+-0,11cm		
Macchi C. 1994	100	Dopler		0,51+-0,04cm	0,5+-0,04cm
Debasso R. 2004	108	Dopler		0,63cm	0,74cm
Sandgren T. 1998	121	Dopler		0,57cm	0,72cm
Morris-Stiff G. 2005	449	TAC	0,74+-0,13cm	0,74+-0,13cm	
Czyżewska D. 2012	228	Dopler		0,572+-0,067cm	0,647+-0,072cm
Ozgur Z. 2009	40	Cadáver	0,75+-0,13cm		
Aragón P. 2019	246	Cadáver	0,61+-0,131cm	0,57+-0,11cm	0,65+-0,13cm

Tabla 15 Diámetro de la arteria poplítea y subdivisión por género

7.3.2. Diámetro de la arteria tibial anterior:

Medimos el diámetro de la arteria tibial anterior en 203 extremidades de nuestra muestra, a 1 cm del origen de ésta, observado que el valor del diámetro medio fue de 0,46cm con

una desviación típica de 0,115cm. El intervalo de confianza al 95% para el promedio del diámetro de la arteria tibial anterior en nuestro estudio fue de $IC_{95\%}(\bar{O})=[0.446;0.478]$.

Sólo hemos encontrado un estudio que hace referencia al diámetro de esta arteria (Szpinda 2006 bis). En dicho estudio el autor mide en ambas extremidades de 76 pacientes sanos el diámetro de la arteria tibial anterior mediante eco doppler. Clasifica este valor en función del patrón de bifurcación de la arteria poplítea, obteniendo valores medios entre 0,21 a 0,45cm en varones y 0,2 a 0,4cm en mujeres. Szpinda (2006 bis) encuentra que éste valor es significativamente mayor en el patrón 3 o trifurcación. Nosotros no podemos reafirmar este dato, obteniendo diámetros de valores muy dispares en el patrón 3 (0,2-0,5cm).

El diámetro de la arteria tibial anterior en nuestro trabajo resultó ser significativamente mayor en hombres (promedio 0,49cm con desviación típica de 0,116cm) que en mujeres (promedio 0,43cm con desviación típica de 0,105cm). Este hecho también ha sido afirmado en la literatura (Szpinda 2006 bis).

No encontramos diferencias significativas en el diámetro de la arteria tibial anterior según el lado del cadáver. No hemos encontrado referencias en la literatura al respecto (10-11).

7.3.3. **Diámetro de la arteria tibial posterior distal:**

Obtuvimos el valor del diámetro de la arteria tibial posterior en 203 extremidades, midiendo este valor a 1cm del origen de la arteria. Obtuvimos un diámetro medio de 0,31cm con una desviación típica de 0,092cm. El intervalo de confianza al 95% para el promedio del diámetro de la arteria tibial posterior es de $IC_{95\%}(\bar{O})=[0.303;0.328]$.

Encontramos referencias a este dato en la literatura con valores similares. Fitzgerald (1984) encuentra un diámetro de 0,3 \pm 0,01cm midiendo este valor a nivel proximal de la arteria

con Doppler. Ozgur (2009) refiere valores de $0,45 \pm 0,09$ cm midiendo el diámetro de esta arteria en cadáveres, y Morris (1961) publica un diámetro medio de 0,3 cm en un estudio con angiografía. Czyżewska (2012) encuentra un valor medio para el diámetro de la arteria tibial posterior mucho menor; 0,205 cm. Este autor hace la medición a nivel del maléolo interno, donde el calibre de la arteria es ya mucho menor, de ahí sus resultados.

También en el caso de la arteria tibial posterior distal, los diámetros en nuestro trabajo fueron significativamente mayores en varones ($0,34 \pm 0,099$ cm) que en mujeres ($0,28 \pm 0,074$ cm). Este hecho ha sido afirmado por Czyżewska (2012); mujeres diámetro medio 0,198 cm y varones 0,216 cm, y por Macchi (1994); mujeres diámetro medio 0,15 cm y varones 0,197 cm.

Macchi (1994) observa que en los varones los diámetros de esta arteria tibial posterior son significativamente mayores en el lado derecho que en el izquierdo, hecho que nosotros también encontramos tras el análisis estadístico.

7.3.4. Diámetro de la arteria peronea:

En 203 extremidades analizadas, el diámetro medio de la arteria peronea a 1 cm del origen de ésta fue de 0.33 cm con una desviación típica de 0.092 cm. El intervalo de confianza al 95% para el promedio del diámetro de la arteria peronea es de $IC_{95\%}(\bar{O}) = [0.319; 0.344]$.

En un estudio en cadáver realizado por Ozgur Z., los valores publicados son algo superiores; $0,44 \pm 0,09$ cm.

Encontramos que los valores para el diámetro de la arteria peronea fueron significativamente mayores en hombres ($0,35 \pm 0,101$ cm) que en mujeres ($0,31 \pm 0,078$ cm).

No vimos diferencias significativas en este valor según el lado del cadáver.

No hemos encontrado bibliografía sobre el diámetro de la arteria peronea y las diferencias por sexo y lado.

7.3.5. Diámetro de la arteria tibial posterior proximal:

En 203 extremidades que disecamos, encontramos un diámetro medio de la arteria tibial posterior proximal de 0.48 cm con una desviación típica de 0.102 cm. El intervalo de confianza al 95% para el promedio del diámetro de la arteria tibial posterior proximal es de $IC_{95\%}(\bar{O})=[0.47;0.50]$.

Ozgur (2009) observó que estos valores eran discretamente mayores en un estudio en cadáver de 38 extremidades: 0,57cm+/-0,11cm.

El valor del diámetro hallado fue significativamente mayor en hombres (0,53+/-0,105cm) que en mujeres (0,45+/-0,084cm). No encontramos diferencias significativas para este valor a la hora de comparar lado derecho e izquierdo. Szpinda (2005) no encuentra diferencias significativas ni por sexo ni por lateralidad. No hemos encontrado más referencias en la literatura.

7.3.6. Longitud de la arteria tibial posterior proximal:

La longitud media que encontramos en 203 extremidades fue de 2.87 cm con una desviación típica de 1.36 cm. El intervalo de confianza al 95% para el promedio de la longitud de la arteria tibial posterior proximal es de $IC_{95\%}(\bar{O})=[2.69;3.05]$.

Adachi (1928) fue el primero en hablar de este valor en un estudio en cadáver, describiendo en su trabajo que esta arteria tiene una longitud media de 2,7-3cm. Los

valores hallados en nuestro trabajo se acercan más a los de Adachi (1928) que a los de estudios angiográficos, dónde los valores son algo mayores; 2-5,9cm (Morris 1961, Szpinda 2005), si bien éstos son bastante dispares.

Encontramos que la longitud de la arteria tibial posterior proximal fue mayor en hombres (3,02+-1,37cm) que en mujeres (2,74+-1,35cm). En cambio, Sanders (1986) encuentra que en este caso no existen diferencias significativas entre sexos. Trotter (1940) describe una longitud media de la arteria tibial posterior proximal de 2,5cm, y pone de manifiesto que es más corta en mujeres que en varones de raza negra, pero no en la raza blanca.

Observamos en nuestro trabajo una tendencia a ser mayor la longitud de la arteria tibial posterior proximal en el lado derecho pero este valor no fue significativo. Trotter (1940) mide en 584 cadáveres una arteria tibial posterior proximal significativamente más larga en el lado izquierdo, excepto para varones de raza negra. Otras referencias consultadas no encuentran diferencias por lateralidad (Szpinda 2005)

Nosotros no hemos podido analizar la longitud de la arteria tibial posterior proximal entre razas al tratarse todos los cadáveres de individuos caucásicos. Hemos encontrado un autor que hace referencia a este dato y encuentra que la longitud es significativamente mayor en la raza blanca que en la negra. (Trotter 1940)

Los aneurismas de la arteria poplítea son los segundos en frecuencia tras los de aorta infrarrenal, y los más frecuentes en el sistema arterial periférico (Yehuda 2006).

La Incidencia de aneurismas de la arteria poplítea es de 7,39/100.000 personas (Tomaszewski 2017). Estos aneurismas se sitúan preferentemente en el tercio medio de la arteria, dónde esta tiene un calibre medio de 7-11mm. Se habla de aneurisma cuándo la

arteria presenta un diámetro mayor de 1,5 o 2cm, según las fuentes consultadas (Yehuda 2006).

Si los valores del diámetro de la arteria son menores que el valor medio estándar, habrá que sospechar que estamos ante una arteria patológica si esta tiene incrementado su diámetro en más de un 50%. En un estudio donde comparan casos de aneurismas poplíteos, ven que los aneurismas de mayor diámetro (>20mm), también tenían el resto de las arterias con diámetros superiores a la media estándar (Yehuda 2006)

Los aneurismas poplíteos pueden ser asintomáticos en ocasiones, o bien producir isquemia aguda o crónica de la extremidad. Tienen una tasa de complicaciones del 76% tras su diagnóstico inicial si no son tratados con cirugía. El único tratamiento posible es la reparación vascular, por lo que es fundamental el conocimiento detallado de la morfología de la arteria, del patrón de su división terminal y las posibles variables.

El tratamiento quirúrgico debe llevarse a cabo siempre que sean sintomáticos y en aquellos asintomáticos que sean de gran tamaño, por lo que es importante conocer la anatomía normal (Tomaszewski 2017).

7.4. IMPORTANCIA CLÍNICA:

El riesgo de lesiones iatrogénicas a la arteria poplítea o alguna de sus ramas terminales durante intervenciones quirúrgicas aumenta si existen variantes anatómicas que alteren el recorrido de éstas. (Colborn 1994). Por esta razón es de vital importancia el conocimiento de estas variables por parte de los clínicos. Con una clasificación más sencilla y menos exhaustiva, como la que hemos elaborado, pensamos que esta información puede llegar más fácilmente a los cirujanos responsables de trabajar en esta localización anatómica.

La exploración clínica no pone de manifiesto la existencia de variables anatómicas, podemos tener pulsos normales distales y estar ante alguna variable anatómica o ramas terminales aplásicas (Piral 1996).

Nos planteamos por tanto la posibilidad de realizar valoración preoperatoria con pruebas de imagen de la zona de la división terminal de la arteria poplítea.

En cirugía artroscópica, disponemos la gran mayoría de las veces de estudio preoperatorio de RMN. A la hora de efectuar procedimientos de reconstrucción del ligamento cruzado posterior o de reparación del cuerno posterior del menisco externo, los cirujanos deben estar en alerta por los posibles riesgos de lesión de la arteria poplítea durante el acto quirúrgico.

La evaluación preoperatoria con cortes axiales de RMN de la localización de esta arteria para procedimientos pericapsulares artroscópicos puede poner de manifiesto alguna de las variables y prevenir el riesgo de iatrogenia. Este gesto preoperatorio no supone ningún coste económico extra, únicamente sería necesario entrenar a los profesionales en reconocer en los cortes axiales de RMN los vasos y su relación con la cara posterior de la tibia.

Hay autores que, en el caso de encontrar en la RMN un Patrón 2b y la necesidad de reparar el cuerno posterior del menisco externo, recomiendan que no se realice una sutura “todo dentro” sino “dentro fuera”, para minimizar así los posibles daños a esta arteria tibial anterior aberrante, que se encontraría en este caso a 1mm del borde posterior de la tibia. (Kleckner 2008, Sanz-Pérez 2014)

En el caso de la cirugía protésica, no es frecuente disponer de imágenes de RMN o de ecografía doppler. Las lesiones vasculares están descritas en artroplastia total de rodilla,

por esta razón algunos autores recomiendan determinar el patrón vascular de forma preoperatoria con ecografía Doppler o angiografía (Metzdorf 1999).

Nosotros pensamos que dado el elevado volumen de estos procedimientos que se llevan a cabo, realizar este screening preoperatorio podría elevar mucho los costes y enlentecer el proceso. Seleccionando los casos de más riesgo, si podría ser razonable un estudio preoperatorio.

En la cirugía de revisión protésica, los vasos pueden quedar adheridos a la cicatriz de la cápsula posterior, y ser lesionados con mayor facilidad por sierra o por retractores de tibia. La cicatriz de la cápsula posterior es un tejido inelástico que no se retrae y queda más expuesto en la zona de trabajo. Además, en la cirugía de revisión, el corte de la tibia es más distal, poniendo a la arteria más en riesgo. Hay casos descritos en la literatura de sección de una arteria tibial anterior en un patrón 2b durante el corte tibial en una cirugía de revisión protésica. (Metzdorf 1999)

En los casos de revisiones complejas de prótesis de rodilla podría plantearse realizar un estudio con ecografía doppler preoperatoria para identificar la posible existencia de alguna variable.

La ecografía Doppler permite de forma económica y no invasiva conocer el patrón de bifurcación y vascularización de la pierna, pudiendo planificar adecuadamente las cirugías (Piral 1996)

El conocimiento y precaución de la división terminal de la arteria poplítea antes de las intervenciones quirúrgicas permite una adecuada planificación y puede reducir la incidencia de lesiones iatrogénicas serias a esta arteria y sus ramas terminales durante procedimientos ortopédicos, percutáneos y de cirugía vascular

8. CONCLUSIONES

1. La variabilidad en la división terminal de la Arteria poplítea puede clasificarse en tres patrones de fácil identificación.
2. El patrón más frecuente es el que se ha descrito clásicamente en el que la arteria poplítea se divide en las arterias tibial anterior y tibial posterior.
3. No existen diferencias significativas ni por sexo ni por lado en la variabilidad de la división terminal de la arteria poplítea.
4. No existen diferencias significativas, por lado, a la hora de calibrar el diámetro de las arterias poplítea, tibial anterior, peronea y tibial posterior (segmento proximal) así como la longitud de la arteria tibial posterior proximal.
5. El diámetro de la arteria tibial posterior, en su segmento distal, es significativamente mayor en el lado derecho.
6. Los diámetros de las arterias poplítea, tibial anterior, tibial posterior y peronea así como la longitud de la arteria tibial posterior (segmento proximal), fueron significativamente mayores en varones que en mujeres.
7. El riesgo lesiones iatrogénicas de la arteria poplítea o alguna de sus ramas terminales durante intervenciones quirúrgicas aumenta si existen variables anatómicas que alteren el recorrido habitual de éstas. Esto es particularmente relevante en el caso del patrón descrito como 2b.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Adachi B. Das Arteriensystem der Japaner, Vol II. Kyoto: Maruzen. 1928.
2. Bardsley JL, MD, Staple T., MD. Variations in branching of the popliteal artery. Radiology. 1970; 94: 581-7
3. Colborn GL, Lumsden AB, Taylor BS, Skandalakis JE. The surgical anatomy of the popliteal artery. Am Surg 1994; 60: 238-46
4. Cronenwett JL, Gloviczki P, Johnston KW, Kempczinski RF, Krupski WC. Rutherford Vascular Surgery. Ed. Saunders, 2000.
5. Cross L., Hall J., Howdieshell T.R., Colborn J.L., Gale T.F. Clinical Anatomy of the popliteal blood vesselsClinical Anatomy 2000 (13): 347-356
6. Czyżewska D., Ustymowicz A., Krysiuk K., Witkowski P., Zonenberg M., Dobrzycki K., Lebkowska U. Ultrasound assessment of the caliber of the arteries in the lower extremities in healthy persons –the dependency on age, sex and morphological parameters of the subjects. J Ultrason 2012; 12: 420–427.
7. Davies BW, Husami TW, Lewis J, Return E. Developmental variations of the popliteal artery and its branches. Contemp Surg 1989; 34: 28-32
8. Davis RP, Neiman HL, Yao JST, Bergan JJ. Ultrasound scan in diagnosis of peripheral aneurysm. Arch Surg 1977;112: 55-8
9. Day CP., Orme R. Popliteal artery branching patterns-and angiographic study. Clinical Radiology 2006; 61: 696-699.

10. De Lee JC., MD. Committee on complications on arthroscopy association of North America.
Complications on arthroscopy and arthroscopic surgery: results of a national survey.
Arthroscopy 1985; 1(4): 214-220.
11. Debasso R, Astrand H, Bjarnegård N, Rydén Ahlgren A, Sandgren T, Länne T. The popliteal artery, an unusual muscular artery with wall properties similar to the aorta: implications for susceptibility to aneurysm formation. J Vasc Surg. 2004 Apr;39(4):836-42.
12. Demitras H., B. Değirmencia, A.O. Çelik, A. Umula, M. Kara, A.R. Aktas, T. Parpar.
Anatomic variations of the popliteal artery: Evaluation with 128-section CT-angiography in 1261 lower limbs. Diagnostic and Interventional Imaging (2016)97: 635-642
13. Drake RL., Vogl WA., Mitchell AWM. Gray's anatomy for students. 3ª edición. Elsevier 2015.
14. Dubreuil-Chambardel. Variations des artères du pelvis et du membre inférieur. Masson ed.1925
15. Fitzgerald DE., O'Shaughnessy AM. Cardiac and peripheral arterial responses to isoprenaline challenge. Cardiovascular research 1984; 18 (7): 414-418
16. González-Cruz Soler A., Quiles-Guiñau L., Mata-Escolano F., Sanchís-Gimeno JA. Anatomic variations of the popliteal artery arteries in present Spanish population. Italian Journal of Anatomy and Embriology 2017; 122(3): 206-215.
17. Keen JA. A study of the arterial variations in the limbs with special reference to symmetry of vascular patterns. Am J Anat 1961; 108: 245-61
18. Keser S., Savranlar A., Bayar A. Ulukent SC., Ozer T., Tuncay I. Anatomic localization of the popliteal artery at the level of the knee joint: a magnetic resonance imaging study. Arthroscopy 2006; 22(6): 656-659.

19. Kil SW., Kung GS. Anatomical variations of the popliteal artery and its tibial branches. Analysis in 1242 extremities. Cardiovasc Intervent Radiol 2009; 32(2): 233-40.
20. Kim D., Orron DE., Skillman JJ. Surgical significance of popliteal arterial variations. A unified angiographic classification. Ann Surg, 1989. Dec;210(6): 776-81.
21. Klecker RJ., MD, Winalski CS., MD, Aliabadi P., MD, Minas T., MD, MS. The aberrant anterior tibial artery. Magnetic resonance appearance, prevalence and surgical implications. The American Journal of Sports Medicine 2008, Vol 36(4): 720-727
22. Langkamer VG. Local vascular complications after knee replacement: a review with illustrative case reports. The Knee 2001(8); 259-264.
23. Lippert H., Pabst R. Arterial variations in man: classification and frequency. Springer Verlag 1985: 58-65.
24. Loukas M., Benninger B., Shane Tubbs R. Guía fotográfica de disección del cuerpo humano Elsevier 2013. 256, 267-273.
25. Macchi C¹, Gulisano M, Giannelli F, Catini C, Pacini P, Brizzi E. The calibers of the common femoral, popliteal, and posterior tibialis arteries: a statistical investigation in 100 healthy subjects by color Doppler ultrasonography. Ital J Anat Embryol. 1994 Jul-Sep;99(3):157-69.
26. Manfrini M., Andrisano A., Pignatti G., Galletti S., Lucaccini C. Varianti anatomiche nella vascolarizzazione arteriosa della regione poplitea: studio arteriografico. Chir. Org. Mov, LXXI: 387-91. 1986
27. Mauro MA., Paul FJ., Moore M. The popliteal artery and its branches. AJR 1988; 150: 435-437.

28. Metdorf A., Jakob R.P., Petropoulos P., Middleton R. Arterial Injury during revisión total knee replacement. A case report. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1999; 7:246-8
29. Moore KL., Persaud TVN., Torchia MG. *Embriología clínica*. 10ª edición. Elsevier 2016.
30. Morris GC. Anatomical studies of the distal popliteal artery and its branches. *Surg Forum* 1961; 10: 498-502
31. Morris-Stiff G., Haynes M., Ogunbiyi S., Townsend E., Shetty S., Winter RK., et al. Is assessment of popliteal artery diameter in patients undergoing screening for abdominal aortic aneurysms a worthwhile procedure. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2005; 30: 71-4
32. Ninoyima JT., MD, MS, Dean JC., MD, PD, Goldberg VM., MD. Injury to the popliteal artery and its anatomic location in total knee arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty* 1999; 14(7): 803-809.
33. O'Rahilly R. (1973) *Developmental Stages in human embryos. Part A: Embryos of the first three weeks*. Washington, Carnegie Institution of Washington.
34. O'Rahilly R., Müller F. (2006) *The embryonic human brain. An atlas of developmental stages*, ed 3. Hoboken, Wiley-Liss.
35. O'Rahilly R., Müller F. Developmental stages in human embryos: Revised an new measurements. *Cells Tissues Organs* 2010; 192: 73-84.
36. Ozgur Z, Ucerler H, Aktan Ikiz ZA. Branching patterns of the popliteal artery and its clinical importance. *Surg Radiol Anat* 2009; 31: 357-362.
37. Oztekin PS.*, Ergun E., Civgin E., Yigit H., Kosar PN. Variants of the popliteal artery terminal branches as detected by multidetector ct angiography. *Open Med* 2015; 10: 483-491.
38. Patten BM. *Embriología humana*. 5ª edición. El Ateneo 1976.

39. Pirál T., Germain M., Princ G. Absence of posterior tibial artery: implications for free transplants of the fibula. *Srg Radiol Anat* (1996)18: 155-158
40. Quain R. The anatomy of the arteries of the human body. London: Taylor and Walter. 1844
41. Rouvière H., Delmas A. Anatomía humana descriptiva, topográfica y funcional. Tomo 3. 11ª edición. Elsevier 2005.
42. Sanders RJ., MD, Alston GK., RN. Variations and anomalies of the popliteal and tibial arteries. *The american journal of surgery* 1986 November (152); 531-534.
43. Sandgren T., MD, Sonesson B., MD, PhD, Ahlgren AS., MD, Länne T., MD, PhD. Factors predicting the diameter of the popliteal artery in healthy humans. *J Vasc Surg* 1998; 28: 284-9.
44. Sanz-Pérez M., García-Germán D., Ruiz-Díaz J., Navas-Pernía I., Campo-Loarte J. Localización de la arteria poplítea y su relación con el riesgo vascular en la sutura del cuerno posterior del menisco externo. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol* 2015; 59(3): 165-171
45. Scwalbe & Pfitzner. Varietaten statistik und anthropologie. *Anat Anz*:80. 1891
46. Senior , HD. The development of the arteries of the Human Lower Extremity. *Am. J. Anat.* 1919; 25: 55-95.
47. Senior, HD. An interpretation of the recorded arterial anomalies of the human leg and foot. *Am. J. Anat.* 1925; 36: 1-46.
48. Senior, HD. Abnormal branching of the Human Popliteal Artery. *Am J of Anat.* 1929; 44:111-120.
49. Stewart AHR., Baird RN. The prevention and early recognition of arterial complications in total knee replacement: a vascular surgical perspective. *The Knee* 8(2001): 265-267

50. Szpinda M. Angiographic study of the tibioperoneal trunks in patients with aorto-iliac occlusive disease. *Annals of anatomy* 2005; 187(4); 405-410
51. Szpinda M. Digital-image analysis of the angiografic patterns of the popliteal artery in patients with aorto-iliac occlusive disease (Leriche syndrome). *Ann Anat* 2006; 188(4): 377-82
52. Szpinda M. An angiographic study of anterior tibial artery in patients with aortoiliac occlusive disease. *Folia Morphol* 2006; Vol 65 No 2: 126-131 BIS
53. Tindall AJ., Shetty AA., James KD., Middleton A., Fernando KWK. Prevalence and surgical significance of a high-origin anterior tibial artery. *Journal of Orthopaedic Surgery* 2006; 14(1):13-6
54. Thomas Sandgren, MD, Björn Sonesson, MD, PhD, Åsa Rydén Ahlgren, MD, and Toste Länne, MD, PhD. Factors predicting the diameter of the popliteal artery in healthy humans. *J Vasc Surg* 1998;28:284-9.
55. Tomaszewski KA, Popieluszko P, Graves MJ, Pekala PA, Henry BM, Roy J, Hsieh WC, Walocha JA. The evidence-based surgical anatomy of the popliteal artery and the variations in its branching patterns. *J Vasc Surg* 2017 Feb;65(2): 521-529.
56. Trotter M. The level of termination of the popliteal artery in the White and the negro. *Am J Phys Anthropol.* 1940; 27: 109-18
57. Voboril R. Note on variability of the arteries of the lower extremities in man. *Folia Morphol* 1990; 38(3): 265-72

58. Wayne-Johnston K., MD, Rutherford RB., MD, Tilson MD., MD, Shah DM., MD, Hollier L., MD, Stanley JC., MD. Suggested standards for reporting on arterial aneurysms. J Vasc Surg 1991; 13: 444-450.
59. Wonsug J., Chang-Seok O., Hyung-Sun W., In-Hyuk C. Unilateral arteria peronea magna associated with bilateral replaced dorsalis pedis arteries. Surg Radiol Anat (2008) 30: 449-452
60. Yehuda G. Wolf, MD, Zeev Kobzanstev, MD, and Laszlo Zelmanovich, MD. Size of normal and aneurismal popliteal arteries: A dúplex ultrasound study. Journal of vascular surgery, March 2006; Volume 43(3): 488-492
61. Zierler RE., Zierler BK. Duplex sonography of lower extremity arteries. Seminars in Ultrasound, CT, and MRI 1997; 118(1): 39-56.

10. ANEXOS

Origen de la arteria tibial anterior respecto al borde inferior del músculo poplíteo

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Al nivel o distal al borde inferior	235	90,4	96,7	96,7
	Proximal al borde inferior	8	3,1	3,3	100,0
	Total	243	93,5	100,0	
Perdidos	Sistema	17	6,5		
Total		260	100,0		

Tabla A- 1 Tabla de frecuencias de localización de la arteria tibial anterior respecto del borde inferior del musculo poplíteo

		Sexo			
		Hombre		Mujer	
		Recuento	% de la fila	Recuento	% de la fila
Origen de la arteria tibial anterior respecto al borde inferior del músculo poplíteo	Al nivel o distal al borde inferior	117	49,8%	118	50,2%
	Proximal al borde inferior	4	50,0%	4	50,0%

Tabla A- 2 Tabla de frecuencias y perfiles fila de localización de la arteria tibial anterior respecto del borde inferior del musculo poplíteo según el sexo del cadáver

		Lado			
		Izquierdo		Derecho	
		Recuento	% de la fila	Recuento	% de la fila
Origen de la arteria tibial anterior respecto al borde inferior del músculo poplíteo	Al nivel o distal al borde inferior	121	51,5%	114	48,5%
	Proximal al borde inferior	4	50,0%	4	50,0%

Tabla A- 3 Tabla de frecuencias y perfiles fila de localización de la arteria tibial anterior respecto del borde inferior del musculo poplíteo según el lado del cadáver

Estadísticos
Diámetro de la arteria Poplítea

N	Válidos	206
	Perdidos	54
Media		,6112
Mediana		,6000
Desviación típica		,13149
Rango		,80
Mínimo		,30
Máximo		1,10
Percentiles	5	,4000
	95	,8000

Tabla A- 4 Diámetro de la arteria poplítea (los datos de todas las medidas expresados en centímetros).

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		Diámetro de la arteria Poplítea
N		206
Parámetros normales ^{a,b}	Media	,6112
	Desviación típica	,13149
Diferencias más extremas	Absoluta	,179
	Positiva	,179
	Negativa	-,141
Z de Kolmogorov-Smirnov		2,576
Sig. asintót. (bilateral)		,000

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

Tabla A- 5 Contraste de normalidad para el diámetro de la arteria poplítea

Estadísticos
Diámetro arteria tibial anterior

N	Válidos	203
	Perdidos	57
Media		,4623
Desv. típ.		,11517
Rango		,80
Mínimo		,10
Máximo		,90
Percentiles	5	,3000
	95	,7000

Tabla A- 6 Diámetro de la arteria tibial anterior (los datos de todas las medidas expresados en centímetros).

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra		Diámetro arteria tibial anterior
N		203
Parámetros normales ^{a,b}	Media	,4623
	Desviación típica	,11517
Diferencias más extremas	Absoluta	,184
	Positiva	,184
	Negativa	-,166
Z de Kolmogorov-Smirnov		2,616
Sig. asintót. (bilateral)		,000

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

Tabla A- 7 Contraste de normalidad del diámetro de la arteria tibial anterior

Estadísticos		
Diámetro arteria tibial posterior distal		
N	Válidos	206
	Perdidos	54
Media		,3158
Desv. típ.		,09256
Rango		,45
Mínimo		,15
Máximo		,60
Percentiles	5	,2000
	95	,5000

Tabla A- 8 Diámetro de la arteria tibial posterior distal (los datos de todas las medidas expresados en centímetros)

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		Diámetro arteria tibial posterior
N		206
Parámetros normales ^{a,b}	Media	,3158
	Desviación típica	,09256
Diferencias más extremas	Absoluta	,252
	Positiva	,252
	Negativa	-,180
Z de Kolmogorov-Smirnov		3,619
Sig. asintót. (bilateral)		,000

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

Tabla A- 9 Contraste de normalidad del diámetro de la arteria tibial posterior distal.

**Estadísticos
Diámetro arteria peronea**

N	Válidos	206
	Perdidos	54
Media		,3320
Desv. típ.		,09222
Rango		,60
Mínimo		,20
Máximo		,80
Percentiles	5	,2000
	95	,5000

Tabla A- 10 Diámetro de la arteria peronea (los datos de todas las medidas expresados en centímetros).

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		Diámetro arteria peronea
N		206
Parámetros normales ^{a,b}	Media	,3320
	Desviación típica	,09222
Diferencias más extremas	Absoluta	,262
	Positiva	,262
	Negativa	-,204
Z de Kolmogorov-Smirnov		3,761
Sig. asintót. (bilateral)		,000

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

Tabla A- 11 Contraste de normalidad del diámetro de la arteria peronea.

**Estadísticos
Diámetro de la arteria tibial
posterior proximal**

N	Válidos	193
	Perdidos	67
Media		,4889
Mediana		,5000
Desv. típ.		,10291
Rango		,50
Mínimo		,30
Máximo		,80
Percentiles	5	,3350
	95	,7000

Tabla A- 12 Diámetro de la arteria tibial posterior proximal (los datos de todas las medidas expresados en centímetros).

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		Diámetro de la arteria tibial posterior proximal
N		193
Parámetros normales ^{a,b}	Media	,4889
	Desviación típica	,10291
Diferencias más extremas	Absoluta	,224
	Positiva	,224
	Negativa	-,144
Z de Kolmogorov-Smirnov		3,108
Sig. asintót. (bilateral)		,000

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

Tabla A- 13 Contraste de normalidad del diámetro de la arteria tibial posterior proximal

Estadísticos
Longitud de la arteria tibial posterior proximal

N	Válidos	228
	Perdidos	32
Media		2,8737
Mediana		3,0000
Desv. típ.		1,36495
Rango		9,00
Mínimo		,00
Máximo		9,00
Percentiles	5	,7000
	95	5,0000

Tabla A- 14 Longitud de la arteria tibial posterior proximal (los datos de todas las medidas expresados en centímetros).

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		Longitud del tronco tibioperoneo
N		228
Parámetros normales ^{a,b}	Media	2,8737
	Desviación típica	1,36495
	Absoluta	,056
Diferencias más extremas	Positiva	,056
	Negativa	-,046
Z de Kolmogorov-Smirnov		,847
Sig. asintót. (bilateral)		0,470

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

Tabla A- 15 Contraste de normalidad para la longitud de la arteria tibial posterior proximal

Prueba de muestras independientes

Diámetro de la arteria Poplítea	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
Se han asumido varianzas iguales	1,706	,193	4,747	204	,000	,08283	,0174	,0484	,1172
No se han asumido varianzas iguales			4,714	193,01	,000	,08283	,0176	,0482	,1175

Tabla A- 16 Contraste de hipótesis de T-Student sobre la igualdad de medias del diámetro de la arteria poplítea según el sexo del cadáver

Prueba de muestras independientes

Diámetro de la arteria Poplítea	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
Se han asumido varianzas iguales	,293	,589	1,185	204	,237	,02170	,01831	-,01441	,05780
No se han asumido varianzas iguales			1,186	203,72	,237	,02170	,01830	-,01438	,05778

Tabla A- 17 Contraste de hipótesis de T-Student sobre la igualdad de medias del diámetro de la arteria poplítea según el lado del cadáver.

Prueba de muestras independientes

Diámetro arteria tibial anterior	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
Se han asumido varianzas iguales	,060	,806	3,940	201	,000	,06161	,01564	,03078	,09245
No se han asumido varianzas iguales			3,919	192,802	,000	,06161	,01572	,03061	,09262

Tabla A- 18 Contraste de hipótesis de T-Student sobre la igualdad de medias del diámetro de la arteria tibial anterior según el sexo del cadáver

Prueba de muestras independientes

Diámetro arteria tibial anterior	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
Se han asumido varianzas iguales	1,862	,174	-,616	201	,539	-,00998	,01621	-,04194	,02198
No se han asumido varianzas iguales			-,619	200,661	,536	-,00998	,01611	-,04175	,02180

Tabla A- 19 Contraste de hipótesis de T-Student sobre la igualdad de medias del diámetro de la arteria tibial anterior según el lado del cadáver

Prueba de muestras independientes

Diámetro arteria tibial posterior distal	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
Se han asumido varianzas iguales	12,112	,001	5,299	204	,000	,06430	,01214	,04038	,08823
No se han asumido varianzas iguales			5,225	178,316	,000	,06430	,01231	,04002	,08859

Tabla A- 20 Contraste de hipótesis de T-Student sobre la igualdad de medias del diámetro de la arteria tibial posterior distal según el sexo del cadáver

Prueba de muestras independientes

Diámetro arteria tibial posterior distal	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
Se han asumido varianzas iguales	3,395	,067	-2,006	204	,046	-,02570	,01281	-,0509	-,00044
No se han asumido varianzas iguales			-2,000	198,745	,047	-,02570	,01285	-,0510	-,00036

Tabla A- 21 Contraste de hipótesis de T-Student sobre la igualdad de medias del diámetro de la arteria tibial posterior distal según el lado del cadáver.

Prueba de muestras independientes

Diámetro arteria peronea	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
Se han asumido varianzas iguales	7,333	,007	3,430	204	,001	,04302	,01254	,01829	,06774
No se han asumido varianzas iguales			3,388	181,914	,001	,04302	,01270	,01796	,06807

Tabla A- 22 Contraste de hipótesis de T-Student sobre la igualdad de medias del diámetro de la arteria peronea según el sexo del cadáver.

Prueba de muestras independientes

Diámetro arteria peronea	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
Se han asumido varianzas iguales	1,978	,161	,685	204	,494	,00882	,01287	-,0166	,03420
No se han asumido varianzas iguales			,690	198,174	,491	,00882	,01279	-,0164	,03404

Tabla A- 23 Contraste de hipótesis de T-Student sobre la igualdad de medias del diámetro de la arteria peronea según el lado del cadáver

Prueba de muestras independientes

Diámetro de la arteria tibial posterior proximal	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
Se han asumido varianzas iguales	3,335	,069	5,882	191	,000	,08048	,01368	,05349	,10747
No se han asumido varianzas iguales			5,821	173,786	,000	,08048	,01383	,05319	,10777

Tabla A- 24 Contraste de hipótesis de T-Student sobre la igualdad de medias del diámetro de la arteria tibial posterior proximal según el sexo del cadáver.

Prueba de muestras independientes

Diámetro de la arteria tibial posterior proximal	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
Se han asumido varianzas iguales	,000	,988	,245	191	,807	,00364	,01487	-,02569	,03297
No se han asumido varianzas iguales			,244	184,195	,808	,00364	,01494	-,02583	,03311

Tabla A- 25 Contraste de hipótesis de T-Student sobre la igualdad de medias del diámetro de la arteria tibial posterior proximal según el lado del cadáver

Prueba de muestras independientes

Longitud de la arteria tibial posterior proximal	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
Se han asumido varianzas iguales	,377	,540	1,528	226	,128	,27646	,18096	-,0801	,63304
No se han asumido varianzas iguales			1,526	217,935	,129	,27646	,18121	-,0807	,63360

Tabla A- 26 Contraste de hipótesis de T-Student sobre la igualdad de medias de la longitud de la arteria tibial posterior proximal según el sexo del cadáver

Prueba de muestras independientes

Longitud de la arteria tibial posterior proximal	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
Se han asumido varianzas iguales	,267	,606	-1,886	226	,061	-,33920	,17984	-,69359	,01519
No se han asumido varianzas iguales			-1,882	221,939	,061	-,33920	,18024	-,69440	,01600

Tabla A- 27 Contraste de hipótesis de T-Student sobre la igualdad de medias de la longitud de la arteria tibial posterior proximal según el lado del cadáver

